

# Impacto del uso de suelo sobre la vegetación y flora ribereña: el caso del meandro La Piedad-Pénjamo

Impact of land use on riparian vegetation and flora:  
a case study of the La Piedad-Pénjamo meander

**Ana V. Coria-Téllez**

El Colegio de Michoacán

anac@colmich.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7888-1598>

**Ignacio García-Ruiz**

CIIDIR IPN Michoacán

garinacho@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2801-3802>

 Foundation

DOI: <https://dx.doi.org/10.24901/rehs.v46i182.1038>

Impacto del uso de suelo sobre la vegetación y flora ribereña: el caso del meandro La Piedad-Pénjamo  
by Ana V. Coria-Téllez y Ignacio García-Ruiz is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) 

**Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

**Fecha de aceptación:** 14 de diciembre de 2023

## Resumen

Los ríos son ampliamente afectados por actividades antropogénicas y un ejemplo evidente de este impacto es el río Lerma, el cual atraviesa el centro de México. Un tramo de este río denominado “meandro del río Lerma”, localizado en la zona metropolitana La Piedad-Pénjamo fue aislado del cauce natural. Para conocer las condiciones actuales por el uso de suelo y su efecto en la vegetación ribereña, se estudió la estructura de sus laderas, así como la cobertura y la composición florística del mismo. Se observó que tanto por asentamientos humanos, actividades agrícolas, así como por los

desechos vertidos a este cuerpo de agua solo el 70% del área muestreada presenta cobertura vegetal compuesta por 35 familias y 81 especies, siendo las familias más representativas la Asteraceae y Poaceae. Del estrato arbóreo prevalecen elementos del bosque de galería característico del sistema ripario compuesto por *Salix bonplandiana* Kunth y *Taxodium mucronatum* Ten. pero, con algunas afectaciones. De los demás estratos, las especies con mayor área de cobertura son *Sorghum halepense* (L.) Pers, así como las especies exóticas *Ricinus communis* L. y *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, (18.5%, 12.9% y 8.2% respectivamente) que además fueron las de mayor frecuencia e índice de valor de importancia. Este estudio puede servir tanto para promover el conocimiento de vegetación ribereña como para implementar estrategias de conservación, mantenimiento y/o recuperación de este cuerpo de agua, independiente de si se le da tratamiento de río intermitente o como laguna artificial.

**Palabras Clave:** Bosque de galería, plantas exóticas, malezas, contaminación, laguna artificial

### **Abstract**

Rivers are greatly affected by anthropogenic activities and Lerma river, which runs through central Mexico, is an obvious example of this impact. A section of this river called the “meander of the Lerma river” located in the La Piedad-Pénjamo metropolitan area was isolated from the natural riverbed. To know the current conditions due to land use and its effect on the riparian vegetation, the structure of its slopes was studied, as well as its coverage and floristic composition. It was demonstrated that both due to human settlements, agricultural activities, as well as the waste dumped into this body of water, only 70% of the sampled area presents vegetal coverage with a considerable richness of species, finding 35 families and 85 species, being the most representative families. the Asteraceae and Poaceae. On the tree layer prevail gallery forest characteristic elements of the riparian system composed of *Salix bonplandiana* Kunth and *Taxodium mucronatum* Ten. is still observed, with some conditions. Of the other strata, the species with the largest coverage area are *Sorghum halepense* (L.) Pers as well as the exotic species *Ricinus communis* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, (18.5%, 12.9% and 8.2% respectively) which also were those with the highest frequency and importance value index. This study can serve both to promote knowledge of riparian vegetation and to implement conservation, maintenance and/or recovery strategies for this body of water, regardless of whether it is treated as an intermittent river or as an artificial lagoon.

**Keywords:** Gallery forest, exotic plants, weeds, pollution, artificial lagoon

## Introducción

Las especies vegetales asociadas a cuerpos de agua son relevantes por el ámbito ecológico que albergan. Se ha reportado ampliamente que las plantas ribereñas cumplen un factor importante en la conservación de los cuerpos de agua. Además, las plantas son parte de las cadenas tróficas, sirven de refugio para numerosas especies animales, proveen oxígeno y otros nutrientes, a veces determinan el flujo del río y permiten retener los sedimentos limitando la erosión. Desafortunadamente también se ha reportado la pérdida de biodiversidad en estos ámbitos. Actualmente en México muchos de los cuerpos de agua se encuentran con algún grado de deterioro debido principalmente a actividades antropogénicas (De la Lanza et al., 2018, p. 9; Mata-Balderas et al., 2020, p. 7; Mora et al., 2021, p. 2). Específicamente las pérdidas de biodiversidad vegetal en cuerpos de agua se asocian a la contaminación del agua, por los cambios de nutrientes, disminución del cauce debido a actividades agrícolas o urbanas, por los cambios de uso de suelo, desplazamiento y/o eliminación de flora y fauna nativa (Granados et al., 2006, p. 64; Díaz-Pascacio et al., 2018, p. 181; Ortiz-Arrona, 2019, p. 115; Zepeda et al., 2012a, p. 49).

Un caso específico con alto grado de afectación es el río Lerma (Mora et al., 2021, p. 2), uno de los ríos más extensos de México. Parte de este río atraviesa la zona Metropolitana de La Piedad-Pénjamo, que por su forma es denominado meandro. En la década de los 80 se construyó un dren para desviar el cauce del río dejando al meandro (de 12.5 km de extensión) aislado de este, que ocasionalmente es alimentado por agua procedente del cauce original del río Lerma, cuando las compuertas son abiertas, o con el agua proveniente de los arroyos cuyos afluentes desembocan en esta parte del río (Medina, 2019, p. 34). Por lo anterior, se ha considerado a este meandro como “laguna artificial”, el cual, sin ser lo apropiado, también es alimentado por las aguas residuales municipales, con o sin tratamiento, de ambos municipios vecinos.

Varias instituciones han documentado la afectación a este cuerpo de agua, entre las que destacan el Consejo Nacional del Agua (CONAGUA, 2019) el Instituto de Tecnología del Agua (IMTA, 2009) y el Consejo Nacional de la Biodiversidad (CONABIO, 2021). En el caso de CONAGUA, cuenta con tres puntos de muestreo de agua dentro del meandro. Estos monitoreos, realizados desde 2012, han determinado que el agua del meandro presenta semáforo rojo por superar los límites máximos permisibles (LMP) de DQO, DBO, Coliformes fecales, *Escherichia coli*, Toxicidad *Vibrio fischeri* 15min UT, además de superar los LMP para la vida acuática en algunos elementos como: Cr, Hg, y los LMP para agua de riego: Ni y Pb (CONAGUA, 2019).

En los sedimentos de esta zona se han cuantificado altas concentraciones de los metales pesados Cd, Pb, Ni y Hg, así como As, observando que la mayor concentración de estos se encontró en sedimentos del río muestreados cerca del área urbana (Tripathi et al., 2022, p. 1578; Villalobos-Castañeda et al., 2016, p. 1).

Debido a todo lo anterior, es de esperarse una disminución de la biodiversidad tanto de fauna como de flora local, así como el establecimiento de especies resistentes a estas condiciones. Estudios previos realizados en el área; reportan, de manera general, la existencia de bosque de galería típico de ríos y arroyos, aunque con afectaciones, así como la presencia de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. (Coria-Téllez, 2021, p. 102). Sin embargo, estos estudios no han abarcado toda el área ni todos los estratos; además, es necesario considerar la discontinuidad espacial, en este caso provocada por los factores ambientales antes señalados.

Por lo anterior y dada su condición actual del meandro como potencial laguna artificial y su evidente deterioro ecológico, este estudio plantea un diagnóstico del estado actual de la vegetación ribereña con dos objetivos. Por un lado, identificar y determinar el uso de suelo y su impacto en la cobertura vegetal que permita estimar el grado de afectación y el origen de este. Por otro lado, evaluar la composición y estructura de la vegetación presente mediante la documentación de las especies, la determinación del valor de importancia de las mismas, la riqueza florística, así como poder tener un registro de las especies nativas y las introducidas, las especies que se consideran malezas y poder identificar las potenciales plagas. Este estudio no solo servirá para generar conocimiento académico, también se espera que sea útil para los tomadores de decisiones, ya sea del sector gubernamental o privado, que tengan el interés de establecer estrategias de conservación ambiental y en caso necesario de recuperación de los sitios identificados con mayor afectación. Las zonas identificadas como conservadas o poco degradadas podrán servir de referencia para las propuestas de mantenimiento o recuperación.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El área de estudio está entre los municipios de Pénjamo, Guanajuato y La Piedad, Michoacán. Del Municipio de Pénjamo, la delegación Santa Ana Pacueco, es el área urbana establecida en el margen lado norte del área de estudio, mientras que la cabecera municipal de La Piedad de Cabadas, está situada en la margen lado sur del río Lerma. Considerando la información geográfica de La Piedad, esta se encuentra situada a los 20° 21' de latitud norte, y los 102° 01' de longitud oeste, su altitud es de 1 765 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 20 °C, con máxima de 35 °C y mínima de 2 °C, su clima es templado subhúmedo mesotermo, con veranos calurosos y estación invernal no definida. La precipitación anual media es de 850 mm, distribuidos en un periodo regular de lluvias de junio a septiembre; la máxima mensual media es de 660 mm; existe un promedio de casi 93 días de lluvia al año (Medina, 2019, p. 25).

## **Diseño del muestreo**

La caracterización e inventario de la flora se realizó de acuerdo a lo descrito por Esquivel (1997, p. 4) y Moreno-Jiménez et al. (2017, p. 94). El área de estudio, de aproximadamente 12 km longitudinales, se dividió en seis transectos de aproximadamente 2 km de distancia entre ellos. En cada transecto se trazaron dos parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en ambos lados de la ribera, 50 m a lo largo de la ribera y 20 m de ancho. Se utilizó GPS (Global Positioning System, por sus siglas en inglés) para tomar las coordenadas de cada parcela. Las parcelas se enumeraron en orden creciente, iniciando en la parte oriente del meandro hasta llegar a la parte poniente. Así se realizó un muestreo de 600 m longitudinal siguiendo el cauce del río, dando una superficie de 12, 000 m<sup>2</sup>. En cada parcela se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de la estructura de la ribera.

## **Diagnóstico cualitativo de la cobertura vegetal**

Para evaluar la estructura riparia con respecto al grado de degradación del espacio vegetal por uso de suelo se utilizaron varios parámetros con sus respectivas escalas que sirvieron para la evaluación en las visitas de campo. Los parámetros que se establecieron son: Estado de conservación de la cobertura vegetal uso de suelo, impacto de uso de suelo y accesibilidad usando las categorías definidas por Díaz-Pérez et al. (2012, p. 277) y Martínez (2000, p. 29).

a) El estado de conservación de la cobertura vegetal se definió estableciendo la siguiente escala de valores: Nada conservada (no se aprecia vegetación de ribera, o sólo existen pequeños retazos de alguna de las especies). Conservación baja (árboles dispersos con matorral, individuos enfermos, abundancia de especies nitrófilas, baja riqueza de especies). Conservación media (abundante arbolado, existencia de sotobosque, riqueza de especies; sin embargo, se aprecian signos de degradación). Muy conservada (bosques con compleja estructura y composición).

b) Para definir el uso de suelo de la zona aledaña al río se establecieron las siguientes categorías por ser las más representativas de la región: Agrícola (zonas cultivadas y/o pastadas), Pecuaria, Urbano (asentamientos urbanos), Infraestructura (caminos o servicios) y Recreativa.

c) El impacto de uso de suelo se evaluó con una inspección visual en la zona de estudio, considerando el efecto del uso de suelo sobre la vegetación ribereña de cada parcela. Las categorías establecidas fueron: Impacto nulo, el uso de suelo no tiene efecto sobre amplios enclaves ocupados por vegetación de ribera. Impacto bajo, escaso uso de suelo de la zona riparia. Impacto medio, el uso de suelo ha reducido la franja ocupada por vegetación de ribera, series de vegetación desaparecidas y alteradas, etc. Alto impacto, la vegetación de la ribera es muy escasa o prácticamente ha desaparecido debido al uso de suelo (Martínez, 2000, p. 62).

d) Accesibilidad: Se determinó cuán asequible era llegar a cada parcela. La escala de valores establecida

fue la siguiente: Imposible de acceder, Difícil de acceder, Acceso aceptable, Fácil acceso.

Después de catalogar cada parcela, se realizó la sumatoria del área de cada parcela con respecto a la valoración proporcionada para cada variable y se obtuvo el porcentaje con respecto a la sumatoria del área total de todas las parcelas.

### **Diagnóstico cuantitativo de la cobertura vegetal**

Para el diagnóstico cuantitativo se realizó en cada parcela establecida, un censo de la población vegetal con una altura mayor a 10 cm y la recolección de material vegetal, así como el registro de datos densométricos y la cobertura de cada especie.

Debido a que las variaciones de diversidad florística cambian con respecto a las distintas épocas del año, se decidió realizar dos muestreos: uno en temporada de estiaje y otro en el temporal de lluvias. En cada visita a campo se realizó la delimitación de la parcela, se identificaron las variables para el diagnóstico vegetal ambiental, se realizó recolecta de plantas y se cuantificó el área de cobertura vegetal. Para la cobertura vegetal las especies vegetales se dividieron en tres grandes categorías: herbáceas, arbustivas y arbóreas. Adicionalmente, se calculó el Índice de Valor Familiar (IVF) y el Índice de Valor de Importancia (IVI).

#### **A) Muestreo florístico y datos de campo**

Entre 2017 y 2020 se recorrieron las parcelas establecidas y se realizó un inventario preliminar de la flora. Se recolectaron tres ejemplares del material botánico preferentemente que presentara estructuras reproductivas. Para cada ejemplar recolectado, se realizó un registro fotográfico y se documentó la siguiente información: Fecha, localidad, número de parcela, hábitat y tipo de vegetación. Todo el material fue prensado en campo y deshidratado en gabinete, dentro de una cámara a temperatura de 40 a 60°C o de forma manual de acuerdo al método estándar; secadora de focos (Bridson y Forman, 1992). Un ejemplar de cada espécimen botánico, previamente montado, fue depositado en el Herbario CIMI del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) para su determinación taxonómica. Para cada ejemplar se realizó la identificación utilizando comparación con ejemplares del herbario físicos y virtuales (UNAM, 2020; Vibrans, 2006) además de bibliografía especializada (McVaugh, 1983, 1984, 1987; Calderón y Rzedowski, 2004), y conocimiento de flora local. Para algunos ejemplares la identificación solo se realizó a nivel de familia porque no contaban con estructuras reproductivas.

#### **B) Datos dasométricos**

Para el análisis de cobertura vegetal y el inventario se utilizaron los criterios usados por Martínez (2000) y García-Ruíz (2012) con algunos ajustes. Los parámetros evaluados fueron:

En el caso de los árboles, a cada árbol registrado y con ayuda de una cinta métrica se determinó la altura (m), diámetro de la copa (m), diámetro del árbol que se obtuvo tomando el CAP (circunferencia a la altura del pecho, aproximadamente a 1.30 m de altura), y luego se transformó a DAP (diámetro a la altura del pecho) y se reportó en cm. Para las demás plantas se calculó el área que ocupaban y se contabilizó el número de individuos por especie.

### C) Análisis de datos y cálculos

Los datos obtenidos en campo de la estructura florística fueron procesados en el software Excel. El cálculo de la cobertura vegetal se realizó utilizando el área de cobertura de las especies herbáceas y arbustivas. En el caso de las arbóreas se utilizó el área de la copa (m<sup>2</sup>).

La riqueza encontrada y la eficiencia de muestreo se evaluaron mediante una curva de acumulación de especies utilizando los datos de la abundancia de las especies encontradas en cada sitio de muestreo. El análisis se realizó mediante el programa EstimateSv 9.1 y los estimados no paramétricos obtenidos se graficaron con el software Excel (Martínez et al., 2021, p. 5).

Se determinó la diversidad de especies utilizando el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Moreno-Jiménez et al., 2017, p. 94), mientras que la similitud florística entre las parcelas se calculó mediante un análisis de cluster Bray-Curtis usando la densidad de las especies (Moreno-Jiménez, et al., 2019, p. 4) con apoyo del software Past4.

Las características estructurales de la vegetación se determinaron calculando la densidad relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa que sirvieron para calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI) e Índice de Valor Familiar (IVF) de acuerdo a Curtis, Macintosh y Mori (Díaz Pérez et al., 2012, p. 277), utilizando las siguientes fórmulas:

IVI = densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa

Donde:

$$\text{Densidad relativa de la especie } i = \frac{ni}{N} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa de la especie } i = \left[ \frac{\frac{fi}{2s}}{\frac{\sum fi}{2s}} \right] \times 100$$

Donde:

N = número de individuos totales

S = número de especies totales

Ni = Sumatoria del número de individuos por especie

ai = sumatoria del área de cobertura de todos los individuos de la especie

fi = número de veces que aparece la especie i

$$IVF = \Sigma(\%DvRFi + \%DRFi + \%DoRFi)$$

Donde:

$$\%DvRFi = \frac{\text{No de especies de la familia } i}{\text{No de especies totales}} \times 100$$

$$\%DRFi = \frac{\text{No de individuos de la familia } i}{\text{No de individuos totales}} \times 100$$

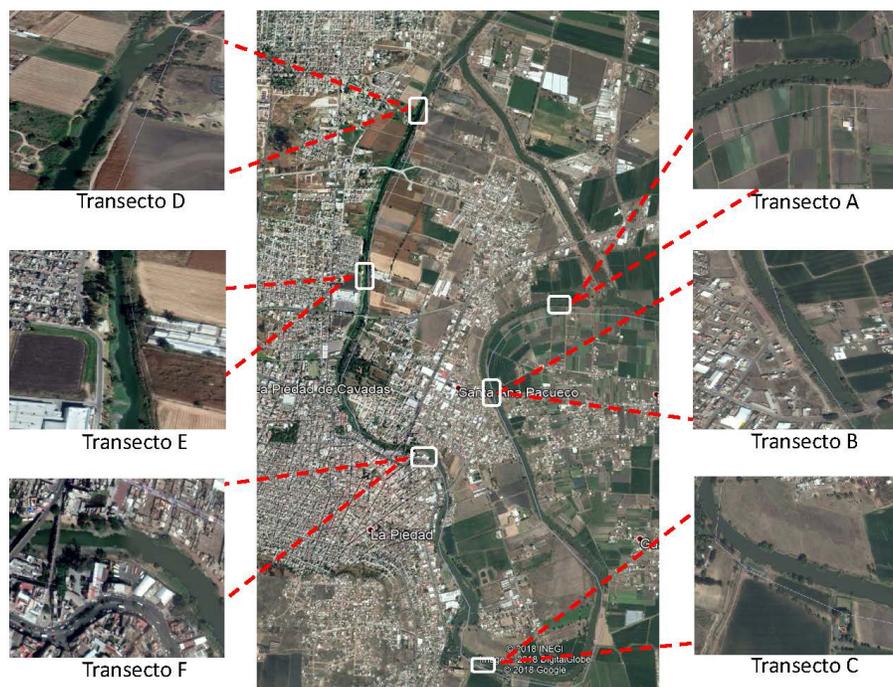
$$\%DoRFi = \frac{\text{Área de cobertura de la familia } i}{\text{Área cobertura total}} \times 100$$

## Resultados

### Resultados del diagnóstico cualitativo de la cobertura vegetal

La esquematización de los transectos, así como las parcelas de muestreo, se exponen en la Figura 1. En la Tabla 1 se muestra la ubicación y las principales características de las parcelas con respecto al uso de suelo, impacto de uso de suelo y accesibilidad.

**Figura 1.** Ubicación de los transectos trazados en el meandro del río Lerma para la evaluación de la cobertura vegetal, imagen tomada de Google earth en marzo de 2018.



Fuente: Elaboró Luis Rojas (LADIPA-Colmich) con datos de Google earth.

Como se observa en la Tabla 1 y Figura 1, el principal uso de suelo en las laderas del río es agrícola (42%), seguido de zona urbana (34%) y, en menor proporción, el área recreativa (parques), pecuaria (granjas) y el área de infraestructura (planta de tratamiento de agua) (8 % cada una). Todas las parcelas muestran un impacto por el uso de suelo sobre la franja ribereña. 25% de las parcelas muestran un impacto “alto” con estado de conservación de la vegetación (EC) bajo, esto significa que la vegetación en estas zonas es muy escasa y/o ha sido alterada. El 75 % de las parcelas tienen un impacto de uso de suelo “medio” con un EC de bajo a medio. Aunque hay zonas donde se observan relictos del bosque de Galerías, incluso con componentes florísticos y faunísticos representativos, el espacio se ve alterado por

caminos, desagües, e industria pequeña como tabiqueras, granjas, etc. Por otro lado, siete de las doce parcelas son de fácil acceso, principalmente porque se encuentran a un lado de caminos peatonales o vehiculares lo que las vuelve vulnerables a ser degradadas. Considerando estos parámetros cualitativos las parcelas mejor conservadas son la 3, 5 y 11 y las menos conservadas son 4, 8 y 12.

**Tabla 1.** Ubicación y diagnóstico ambiental de las parcelas muestreadas en el meandro del río Lerma La Piedad-Pénjamo

T	Coordenada (GPS)	P	Ubicación/Referencia	Fecha de muestreo	E.C.	Uso de suelo	Impacto uso de suelo	Accesibilidad
A	20°21'11.6 5''N 102°00'28. 31''O	1	La Piedad/ Dren oriente	07-02-18	Baja	Urbano, agrícola	Medio	Fácil
		2	Sta. Ana/ Dren oriente	16-02-18	Baja	Urbano, agrícola	Medio	Fácil
B	20°20'48.9 8''N 102°00'47. 99''O	3	La Piedad/ Río grande	02-03-18	Media	Agrícola	Medio	Aceptable
		4	Sta. Ana/ Esc.bachilleres	02-03-18	Media	Urbano	Alto	Fácil
C	20°19'39.3 6''N 102°00'49. 34''O	5	La Piedad/ Pozo Cuitzillo	09-03-18	Media	Agrícola	Medio	Aceptable
		6	Sta. Ana/ Frente a Pozo	09-03-18	Media	Urbano- pecuaria	Medio	Aceptable
D	20°22'04.8 6''N 102°01'09. 80''O	7	La Piedad/ Estacionamien- to	14-03-18	Baja	Urbano- infraestructura	Medio	Difícil
		8	Sta. Ana/ Puente	14-03-18	Baja	Urbano	Alto	Fácil
E	20°21'21.5 5''N 102°01'24. 05''O	9	La Piedad/ Parque	16-04-18	Baja	Recreativa	Medio	Fácil
		10	Sta. Ana/ Granja	16-04-18	Media	Urbano-agrícola	Medio	Fácil
F	20°20'33.7 1''N 102°01'07. 60''O	11	La Piedad/ Dren poniente	16-04-18	Media	Urbano- agrícola	Bajo	Difícil
		12	Sta. Ana/ Dren poniente	16-04-18	Baja	Agrícola- Infraestructura	Alto	Fácil

T. transecto; P, parcela; E.C., estado de cobertura vegetal. Fuente: Elaboración propia.

## Resultados de la estructura cuantitativa de la cobertura vegetal de la ribera

Para identificar el grado de alteración de la cobertura vegetal, se cuantificó el área que cada especie ocupaba en cada parcela evaluada y se realizó la sumatoria del área de todas las especies. Después se documentaron las causas de la degradación de la cobertura vegetal, visibles en las visitas de campo (Tabla 2). En todas las parcelas muestreadas existe cobertura vegetal, aunque en diferente proporción; va del 40 % al 100 %. En algunas parcelas, como la 4 y la 9, superan el 100 % de cobertura porque se cuantificó la copa de los árboles y las especies arbustivas, ocupando un mismo espacio, aunque en diferente nivel vertical. La mayor parte de la cobertura vegetal en ambas temporadas (cerca del 46 %), es por especies arbustivas, seguido de los árboles (30%) y en menor proporción por hierbas (24%). Las especies arbustivas y hierbas varían dependiendo la época del año y también de la intervención del hombre, ya que era visible la práctica de incendios controlados para eliminar la maleza al igual que el uso de herbicidas. En algunos sitios se observaron envases de herbicidas, lo que indica la falta de cultura para su disposición final.

La cobertura por árboles fue muy diversa en cada parcela y va de 22 a 677 m<sup>2</sup> lo que indica que hay áreas en donde el bosque de galería ha sufrido cambios significativos, principalmente para establecer más áreas para el cultivo, la construcción de caminos y el establecimiento de zonas urbanas.

**Tabla 2.** Cobertura y estructura del área de la cobertura vegetal del área de estudio de la ribera del meandro del río Lerma La Piedad-Pénjamo

T	P	Temporada de estiaje (m <sup>2</sup> de cobertura)				Temporada de lluvias (m <sup>2</sup> de cobertura)				Causas visibles de la disminución de la cobertura vegetal
		Arbustos	Herbáceas	Árboles	Total	Arbustos	Herbáceas	Árboles	Total	
A	1	332.2	10.3	279.4	621.8	536.6	55.0	279.7	871.3	Quemas, uso de herbicidas y área agrícola
	2	225.2	181	22.6	428.8	221.0	185.4	24.1	430.1	Área agrícola
B	3	618.0	49.4	69.0	736.4	448.7	46.0	73.7	568.4	Herbicidas y área agrícola
	4	278.5	99.5	105.2	483.4	552.3	353.0	108.7	1014	Escombros, basura y camino
C	5	211.0	157.4	646.6	1014.9	202.0	215.0	677.2	904.6	Quemas y pastoreo
	6	4.6	322.0	484.4	811.9	0	296.5	506.2	802.7	Área agrícola
D	7	14.4	909.0	56.7	980.1	*	*	*	*	Colector de aguas y estacionamiento
	8	75.8	91.0	481.8	647.8	104.3	72.5	506	643.6	Camino y área urbana
E	9	771.8	134.3	73.0	979.1	834.4	96.0	84.7	1012.7	Reforestado
	10	438.7	8.6	28.4	475.5	446.0	14.0	35.1	483.1	Camino y granja

F	11	635.2	46.9	224.5	906.6	513.0	250.0	237	1000.3	Escombro
	12	323.6	60.5	106.1	490.2	204.6	500.0	127.4	832.0	Camino y reforestado
Total		3929.0	2069.9	2577.5	8656.7	4062.5	2083.4	2659.9	**8562.8	

T, transecto; P. Parcela; \*No fue posible el acceso; \*\*Falta incluir la parcela 7. Fuente: Elaboración propia.

El grado de conservación de la vegetación es muy variado en cada parcela y en cada época del año. La presencia de desechos domésticos y de la construcción, tanto en el lecho del río como en las laderas, notoriamente ocupa el espacio que debería estar cubierto por vegetación.

En el caso de los árboles es más evidente el grado de afectación, sobre todo en los más grandes, ya que presentaron algún signo de daño que va desde partes quemadas, podas excesivas o alguna plaga, incluso algunos ya estaban tirados. Por ejemplo, el 37% de los árboles de *Taxodium mucronatum* Ten, estaban infestados con *Phoradendron* sp. (muérdago) con evidente grado de severidad ya que había partes del árbol secas. Otra hierba parásita, *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don (injerto), estaba colonizando aproximadamente el 15 % de los árboles de las especies *Salix bonplandiana* Kunth, además de algunos individuos de *Schinus molle* L, *Acacia farnesiana* (L.) Willd, *Jacaranda mimosifolia* D.Don y *Eucalipto gunnii* Hook. F. Otra afectación observada en las diferentes parcelas, sobre todo en aquellas cuyo uso de suelo era agrícola, fue la de árboles parcialmente quemados. Estas observaciones ya habían sido reportadas en 2011 para los árboles de la franja de La Piedad.

### Diversidad y riqueza de especies por parcela

Por parcela y por temporada se observan diferencias con respecto al número de especies, su diversidad y el área de cobertura de cada una de ellas (Tabla 3). En temporada de lluvias se registraron más especies que en temporada de estiaje con una riqueza muy variada que va de 8 a 19 especies por parcela. A pesar de que el área de estudio solo abarca 12 km lineales y por lo tanto su topografía es muy similar se observan amplias diferencias con respecto a la cantidad de especies en cada parcela, cuya distancia entre ellas no supera los 3 km. Lo anterior sugiere una alteración en la abundancia y diseminación de especies derivada de actividades antropogénicas que se evidencia con el uso de suelo observado en cada transecto. La parcela 8 es un ejemplo claro, ya que ahí se encontraron las mayores especies en temporada de estiaje (16), pero son plantas introducidas por los habitantes de esa zona urbana que usan la franja del río como jardín particular.

Por otro lado, en temporada de lluvias la cobertura es mayor (si se considera la cobertura de la parcela 7 que no se logró medir) que en la temporada de estiaje. Hay parcelas donde el incremento de la cobertura llegó al 100 % en temporada de lluvias. Sin embargo, esa cobertura solo cubre los 20 m laterales inmediatos al cauce, pero no toda el área donde debería existir vegetación riparia. Por

ejemplo, en la parcela 9 la cobertura superó el 100% porque se contabilizó el área arbórea y arvense, pero justo donde terminan los 20 m del polígono muestreado hay una cancha de baloncesto y después una calle pavimentada, algo similar sucede en las parcelas 4, 5 y 11. El índice de diversidad  $H'$  varió de 1.9 a 2.9 menor al encontrado en ciénegas de la cuenca alta de Lerma (3.2) (Zepeda-Gómez et al., 2012b, p. 34). Las parcelas con baja diversidad, por tener una  $H'$  menor a 2 son: 4 (1.83), 5 (1.89) y 11 (1.94). Mientras que las parcelas con diversidad intermedia con  $H'$  arriba de 2 son: 1 (2.58), 2 (2.76), 3 (2.13), 6 (2.48), 7 (2.72), 8 (2.69), 9 (2.14), 10 (2.40) y 12 (2.40) (Solís-Garza, et al., 2017, p. 11).

**Tabla 3.** Variación, riqueza de especies, cobertura vegetal y diversidad ( $H'$ ) de los 6 transectos evaluados en el meandro del Río La Piedad-Pénjamo del río Lerma

Transecto	Parcela	No. de especies		% cobertura vegetal	
		Estiaje	Lluvias	Estiaje	Lluvia
A	1	13	18	62.2	87.2
	2	11	19	42.9	43.9
B	3	9	14	73.6	56.8
	4	7	12	48.3	100.1
C	5	8	11	100	90.5
	6	12	7	81.2	80.2
D	7	9	7	98.0	ND
	8	16	12	64.8	64.4
E	9	9	9	97.9	101.0
	10	11	10	47.5	48.3
F	11	8	8	90.6	100.0
	12	12	7	49.0	83.2

ND: no determinado. Fuente: Elaboración propia.

### Resultados de la composición y estructura de la vegetación presentes en la cobertura vegetal

En la Tabla 4 se muestra la composición florística de las parcelas muestreadas. En general, se distinguieron 38 familias y 81 especies. Se contabilizaron menos especies que lo predicho por la curva de acumulación de especies construida con estimadores no paramétricos. Estos estimadores indicaron que el muestreo de especies representó entre 70% (ACE) y 93% (Bootstrap) del número total potencialmente presente en el meandro del río Lerma (Figura 2a).

Considerando el área muestreada, la cantidad de especies es similar a lo encontrado en otros estudios de vegetación en ríos de México en los cuales se han reportado de 43 a 127 especies (Mata-Balderas et al., 2020; Méndez-Toribio et al., 2014; Moreno-Jiménez et al., 2017; Ortiz-Arrona, 2019; Solís-Garza et al., 2017; Zepeda-Gómez et al., 2012b). Esta diferencia puede deberse a la metodología empleada en el presente estudio en el cual se consideraron todas las poblaciones independientemente de si eran zonas alteradas o no.

Solo la mitad de las especies censadas son nativas y las demás introducidas. En otros ríos urbanos también se ha reportado una proporción similar de especies introducidas, mostrando que la cantidad de estas, tiene correlación positiva con el disturbio causado por las actividades humanas (Aronson et al., 2017, p. 3646).

Las 41 especies de hierbas y las 18 especies de arbustos documentadas ya habían sido reportadas en otras zonas de la región, sobre todo los arbustos (Calderón y Rzedowski, 2004; Godínez, 2017; Reyes y Tena, 2016). La mayoría de las especies son terrestres, algunas subacuáticas y solo la *E. crassipes* se observó como acuática flotante. Del estrato arbóreo se distinguieron árboles característicos del bosque de galería, tales como *S. bonplandiana*, *T. mucronatum*, *F. uhdei* y *Ficus nitida* así como del bosque tropical caducifolio como *V. farnesiana* y *P. guajava* (Ortiz-Arrona, 2019; Rzedowski y Calderón, 2013).

**Tabla 4.** Listado de florístico de especies observadas en la ribera del Meandro La Piedad-Pénjamo del Río Lerma

Familia*	Especie	Nombre común	Hábito de vida	Estatus en México
ACANTHACEAE	<i>Justicia</i> sp.	Arveja, muitle	Arbusto	Nativa
AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera caracasana</i> Humb., Bonpl. & Kunth	Verdolaga de puerco	Hierba	Nativa
	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranto, quelite	Hierba	Nativa
ANACARDIACEAE	<i>Schinus molle</i> L.	Pirul	Árbol	Introducida
APIACEAE: UMBELLIFERAE	<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague ex Britton & P. Wilson	Eneldo, Apio silvestre	Hierba	Nativa
ASTERACEAE: COMPOSITAE	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.	-	Hierba	Nativa
	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	Altamisa, amargosa	Hierba	Nativa
	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Ajenjo	Hierba	Sin status

	<i>Aster spinosus</i> Benth	Andan, Espina de agua	Arbusto	Nativa
	<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H. Robins, & Brett	Asomiate amarillo	Arbusto	Nativa
	<i>Cirsium raphilepis</i> (Hemsl) Petra	Cardo	Hierba	Nativa
	<i>Conyza sophiifolia</i> Kunth	Zacatechichi, rastrojera.	Hierba	Nativa
	<i>Helianthus</i> sp	-	-	-
	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Hierba del pájaro, guayule	Hierba	Nativa
	<i>Parthenium</i> sp	Escoba amarga		
	<i>Tagetes lunulata</i> Ort,	Cinco llagas	Hierba	Nativa
	<i>Wedelia</i> sp.	-	-	-
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Abrojo	Hierba	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	Árbol	Exótica
CACTACEAE	<i>Opuntia ficus-indica</i> L.	Nopal	Arbusto	Nativa
CANNACEAE	<i>Canna indica</i> L.	-	Hierba	Nativa
CASUARINACEAE	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarina	Árbol	Exótica
COMMELINACEAE	<i>Commelina</i> sp.	-	Hierba	Nativa
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea alba</i> L.	Hiedra, manto, manto de la virgen,	Hierba	Nativa
	<i>Ipomoea purga</i> (Wender.) Hayne	Raíz de jalapa, la purga	Hierba	Nativa
CRUCIFERAE	<i>Lepidium virginicum</i> L.	Lentejilla de campo	Hierba	Nativa
CUCURBITACEAE	<i>Sechiopsis triquetra</i> (Ser.) Naud.	-	Hierba trepadora	Nativa
CYPERACEAE	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquillo Rojo y pimentillo	Hierba	Exótica
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha mexicana</i> Muell	Hierba del cáncer	Hierba	Nativa
	<i>Euphorbia hirta</i> L.	Golondrina, coliflorcito, hierba de sapo	Hierba	Nativa
	<i>Ricinus communis</i> L.	higuerilla	Arbusto	Exótica
FABACEAE (LEGUMINOSAE s.l.)	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Añil	Arbusto	Nativa

	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	Meliloto, Trébol de olor	Hierba	Nativa
	<i>Phitecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamúchil	Árbol	Nativa
	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Espino de Jerusalén, palo verde.	Árbol	Nativa
	<i>Neltuma laevigata</i> (Willd.) Britt. et Rose	Mezquite	Árbol	Nativa
	<i>Sesbania herbacea</i> (P. Mill.) McVaugh.	Sesbania	Arbusto	Nativa
	<i>Senna</i> sp.	Mimosa	-	-
JUGLANDACEAE	<i>Juglans regia</i> L.	nogal	Árbol	Sin status
LAMIACEAE	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Brown	No presenta	Hierba	Exótica
LEGUMINOSAE	<i>Vachellia farnesiana</i> L. Wight & Arn.	Huizache	Arbusto/ Árbol	Nativa
LINACEAE	<i>Linum</i> sp.			
LORANTHACEAE	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don	Injerto, muérdago, visco	Arbusto	Nativa
MALVACEAE	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik	-	Hierba	Exótica
	<i>Malva</i> sp.	Malva, malva de quesitos.	Hierba	Exótica
	<i>Malva parviflora</i> L.	Malva, malva de quesitos	Hierba	Exótica
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> L.	Malva, huinare	Arbusto	Probablemente nativa
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Cenizo o escoba, guinare	Hierba	Incierto
MORACEAE	<i>Ficus nitida</i> Thunberg	Trueno	Árbol	Exótica
MUSACEAE	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Palmera	Arbusto	Exótica
MYRTACEAE	<i>Eucaliptus gunnii</i> Hook. f.	Dólar	Árbol	Exótica
	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	Árbol	Nativa
NYCTAGINACEAE	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.	Abrojo rojo, arete, cordoncillo, golondrina	Hierba	Nativa
	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	Bugambilia, camelina y flor de papel.	Arbusto	Exótica

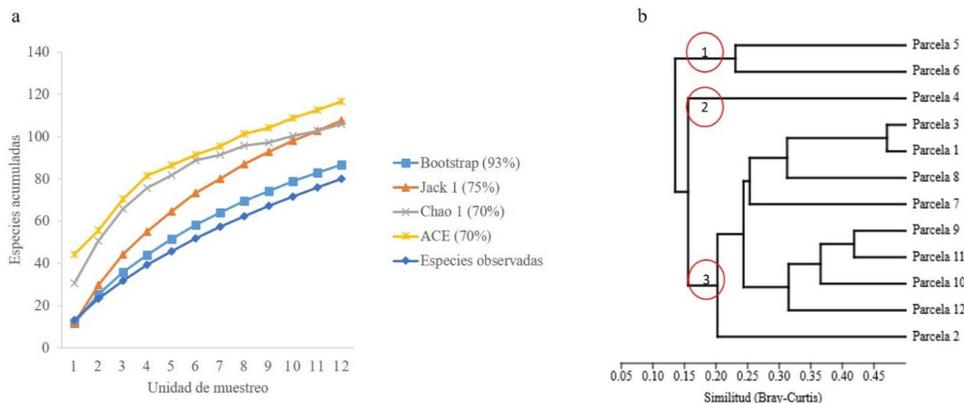
	<i>Mirabilis violacea</i> (L.) Heimerl	Comata, hierba del golpe.	Hierba	Nativa
OLEACEAE	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh	Fresno	Árbol	Nativa
ONAGRACEAE	<i>Ludwigia peploides</i> Kunth	Flor de laguna	Hierba	Nativa
PAPAVERACEAE	<i>Argemone mexicana</i> L.	Cardo, cardo santo, amapolilla y chicalote	Hierba	Nativa
POACEAE	<i>Arundo donax</i> L.	Carrizo	Hierba	Exótica
	<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	Pasto	Hierba	Nativa
	<i>Brothriochloa lugoroides</i> (Lag.) Herter		-	-
	<i>Chloris cucullata</i> Bisch		-	-
	<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	Pata de gallina	Hierba	Nativa
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pasto pata de gallina	Arbusto	Naturalizada
	<i>Paspalum</i> sp.			
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex. Steud	Carrizo	Arbusto	Exótica
	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Cola de zorra	Hierba	Exótica
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Pasto Jonhson	Hierba	Exótica
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i> sp.	-	Hierba	-
	<i>Polygonum punctatum</i> Ell.	Chilillo, moco de borrego.	Hierba	Nativa
	<i>Rumex</i> sp.	-	-	-
	<i>Rumex pulcher</i> L.	Lengua de vaca	Hierba	Exótica
PONTEDERIACEAE	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Jacinto de agua, Lirio	Hierba	Exótica
SALICACEAE	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	Sauce	Árbol	Nativa
SANTALACEAE (LORANTHACEAE)	<i>Phoradendron rhipsalinum</i> Rzed	Injerto	Arbusto hemipará-sito	Nativa
SAPINDACEAE	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	Farolitos, trepadora	Hierba	Nativa
	<i>Serjania</i> sp.	Enredadera flor blanca	Hierba tepradora	Nativa

SOLANACEAE	<i>Datura innoxia</i> P. Mill.	Toloache chino, chamico y toloache	Arbusto	Nativa
	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Hierba del zopilote, tabaquillo,	Arbusto	Exótica
	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Berenjena macho,	Arbusto	Nativa
	<i>Lycopersicon esculentum</i> P. Mill.	Jitomate silvestre, tomatillo	Hierba	Nativa
TAXODIACEAE	<i>Taxodium mucronatum</i> Ten.	Sabino	Árbol	Nativa
VERBENACEAE	<i>Lantana camara</i> L.	Siete colores, hierba baja	Arbusto	Nativa
	<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	Té	Hierba	Nativa

\*Clasificación de familias basada en Cronquist, 1981. Fuente: Elaboración propia.

El dendograma de similitud de Bray-Curtis indica similitud baja entre las parcelas (Figura 2b). A nivel de similitud de 0.2 se distingue un primer grupo (similitud de 0.15 a 0.25) formado por las parcelas 5 y 6 que difiere del resto debido a la mayor cantidad de individuos de las especies *T. mucronatum* y *Polygonum* sp. Aunque en la parcela 6 se encontró el único espécimen de *F. uhdei*. Un segundo grupo solo agrupa a la parcela 4 (similitud 0.25) y puede deberse a que ahí se encontró el mayor número de individuos de *S. bonplandiana* y *Commelina* sp. El tercer grupo (similitud 0.16 a 0.48) lo forman las demás parcelas (1, 2, 3, 7, 8, 9, 10), en las cuales se detectó mayor frecuencia de las especies *S. halepense*, *P. australis* y *R. communis*.

**Figura 2a.** Curvas de acumulación de especies generadas con 12 parcelas muestreadas en el meandro del río Lerma La Piedad-Pénjamo. Se presenta el valor de complementariedad (porcentaje del número total de especies registrado en los 12 sitios de muestreo, respecto de aquel esperado por los estimadores no-paramétricos). **Figura 2b).** Dendograma de la similitud Bray-Curtis de las especies (número de individuos) en las doce parcelas en el meandro del río Lerma La Piedad-Pénjamo.



En la tabla 5 se muestra el Índice de Valor Familiar (IVF) para las nueve familias principales identificadas en la temporada de lluvias. Este dato es importante porque sirve como indicador indirecto de la riqueza agrupada en categorías taxonómicas (Reyes y Tena, 2016). Las familias con mayor número de especie fueron: Asteraceae: Compositae con 13 especies, Poaceae con 10 especies, Fabaceae con 6 especies, Malvaceae con 6 especies. En conjunto todas estas familias representan el 41 % de la riqueza de especies. Las tres primeras familias ya habían sido identificadas como las predominantes, con mayor cantidad de especies, en esta región, aunque fuera del río (Reyes y Tena, 2016, pp. 37-39) y también en algunas ciénegas del Lerma alto e incluso son las familias con mayor riqueza para México (Villaseñor, 2004). Sobresale, por su IVF y área de cobertura, la familia Poaceae debido a la cantidad de pasto y carrizos que están ampliamente distribuidos en todas las parcelas. Tanto la familia Poaceae como Fabaceae son características en los bosques tropicales caducifolios que predominan en esta región (Rzedowski y Calderón, 2013, p. 8). Le sigue la familia Pontederiaceae representada por una sola especie, *E. crassipes*. Algo similar sucede con la familia Euphorbiaceae representada por solo tres especies.

**Tabla 5.** Familias más importantes de acuerdo al número de especies y los valores de Índice de Valor Familiar (IVF) de la flora encontrada en el meandro La Piedad-Pénjamo del río Lerma

Familia	No de Especie	Área de cobertura m <sup>2</sup>	IVF	IVF%
POACEAE	10	3566	54.92	20.49
PONTEDERIACEAE	1	750	28.15	10.53
EUPHORBIACEAE	3	1178	24.08	9.11
ASTERACEAE	13	181	16.43	4.87
SALICACEAE	1	836	14.55	5.54
VERBENACEAE	2	788	12.91	4.81
MYRTACEAE	2	263	12.15	4.62
POLYGONACEAE	4	412	11.33	4.50
FABACEAE	6	88	7.57	2.82
Otras familias	22	500	85.91	32.05
Total	81	8562.8	268	100

Fuente: Elaboración propia.

El área muestreada total es de 12, 000 m<sup>2</sup> dividida en 12 parcelas que mostraron una densidad de 273 individuos cubriendo 71% del área, esto en temporada de lluvias y considerando tanto vegetación herbácea, arbustiva como arbórea. Al respecto de las especies, en la tabla 6 se muestra el área de cobertura, la frecuencia y los Índices de Valor de Importancia (IVI) de las especies más representativas. En general, las especies herbáceas tienen una mayor cobertura, mayor presencia y una mayor riqueza de especies, esto es de esperarse ya que la mayoría de los géneros en México pertenecen a esta forma de vida (Villaseñor, 2004).

De las seis especies arbóreas con mayor IVI cinco de ellas son nativas. Claramente *S. bonplandiana* sobresale tanto por su frecuencia como por tener el mayor IVI. Especies del género *Salix* también han sobresalido en otros ríos de México (Méndez et al., 2014, p. 290; Mata et al., 202, p. 10). Este árbol junto con *T. mucronatum*, quien tiene el segundo IVI, son especies nativas que también han sido reportadas en la parte sureste del río Duero, un río de la misma cuenca, y en otros ríos de México como parte del bosque de galería (Méndez Toribio et al., 2014, p. 289). Otros árboles, característicos del bosque tropical caducifolio, con alto IVI corresponden a *V. farnesiana* y *P. guajava*. Cabe señalar que la presencia de estos árboles ya había sido notada en la ladera que corresponde a La Piedad por Nava y Flores en 2011 (Coria-Téllez, 2021, p. 103) y después de un lustro estos continúan en pie, aunque con afectaciones que en su momento también fueron reportadas.

El árbol exótico *J. mimosifolia* tiene un IVI medio; cuya introducción a las laderas del río seguramente se debe a que es una especie ampliamente utilizada para reforestar sobre todo espacios urbanos.

De los arbustos solo la especie *R. communis* sobresalió por su alto IVI. Esta es una especie exótica que ya había sido reportada para esta área de estudio (Coria-Téllez, 2021, p. 117) y que es común en otras zonas ribereñas degradadas de México (Mata et al., 2020, p. 10).

De las herbáceas, la especie exótica *E. crassipes* tuvo la frecuencia y el IVI más alto, incluso entre las especies de los otros estratos. Desde antes de los años 90s se ha reportado esta especie colonizando tramos del río Lerma con efectos contradictorios ya que por un lado promueve la evotranspiración, infestación de mosquitos e incluso la eutrofización, pero por otro lado puede ser fuente de alimento de algunos peces y servir como biofiltro de contaminantes (Limón y Lind, 1990, p. 62).

Otras plantas exóticas con IVI medio son *S. halepense*, *Phragmites* sp. y *M. repens*. En general las especies exóticas suelen causar efectos adversos en el ambiente donde se desarrollan. Un ejemplo de ello es *M. repens* reportada como una especie que desplaza la vegetación nativa y promueve regímenes anómalos de fuego (March-Mifsut y Martínez, 2007, p. 26) por lo que es importante su monitoreo y control.

**Tabla 6.** Especies más representativas según los valores del Índice de Valor Importancia (IVI) para la ribera del meandro La Piedad-Pénjamo del Río Lerma

Estrato	Especie	Área de cobertura m <sup>2</sup>	Frecuencia	IVI	IVI%
Arbóreas	<i>Salix bonplandiana</i>	836	4.0	17.2	5.8
	<i>Taxodium mucronatum</i>	788	2.9	14.4	4.8
	<i>Psidium guajava</i>	122	3.4	13.1	4.5
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	108	3.7	8.5	2.8
	<i>Schinus molle</i>	387	1.1	6.4	2.1
	<i>Vachellia farnesiana</i>	124	2.2	5.8	1.9
Arbustivas	<i>Ricinus communis</i>	1179	9.9	32.6	10.9
Herbáceas	<i>Eichhornia crassipes</i>	750	18.3	44.8	15.0
	<i>Sorghum halepense</i>	1697	5.4	29.5	10.0
	<i>Bromus carinatus</i>	527	2.9	11.6	3.9
	<i>Phragmites</i> sp.	700	1.5	10.5	3.5
	<i>Cardiospermum halicacabum</i>	152	2.6	6.8	2.3
	<i>Melinis repens</i>	147	1.8	5.3	1.8
Total		8562.8	100	298	100

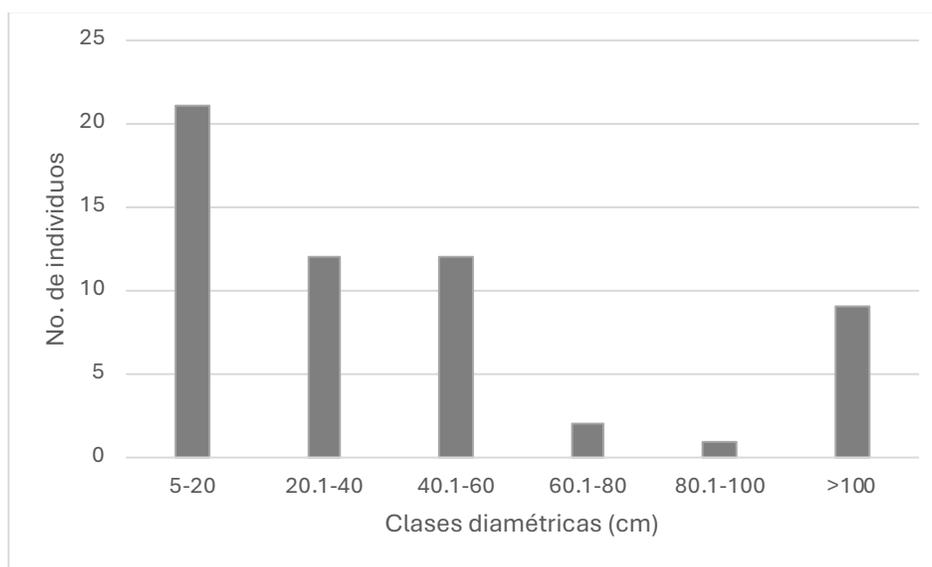
Fuente: Elaboración propia.

### Clases diamétricas

El análisis de la distribución de clases diamétricas para las diferentes especies arbóreas de una masa forestal permite evaluar su estado ecológico y de conservación; en particular permite detectar la falta de regeneración o bien el envejecimiento de las masas.

La distribución de acuerdo a la clase diamétrica encontrada en el meandro (Gráfica 1) indica que posee una masa irregular pero no está bien definida la j invertida típica, ya que se observa una alta proporción de árboles en la clase diamétrica del nivel superior. Es decir, aunque la mayor proporción de árboles son relativamente jóvenes, también se observa una porción importante de árboles envejecidos con más de 100 cm de diámetro. La mayoría de los árboles con mayor diámetro pertenecen a la especie de *E. gunnii* seguidos por *S. bonplandiana* y *T. mucronatum*, mientras que los árboles más jóvenes pertenecen a las especies *V. farnesiana*, *J. mimosifolia*, *P. dulce* y *P. laevigata* (Tabla 7). Además, la mayoría de los árboles (85%) presentan una altura mayor a los 5 m.

**Gráfica 1.** Distribución por clases diamétricas para los árboles observados en el meandro La Piedad-Pénjamo del Río Lerma



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.** Diámetro promedio de los principales árboles identificados en la ribera del meandro La Piedad-Pénjamo

Especie	Promedio de diámetro en cm (rango)
<i>Eucaliptus gunnii</i>	45.4 (38.0-52.0)
<i>Taxodium mucronatum</i>	36.4 (5.4-127.9)
<i>Salix bonplandiana</i>	27.8 (1.6-77.7)
<i>Schinus molle</i>	19.7 (17.5-22.6)
<i>Psidium guajava</i>	12.7 (1.9-27.1)
<i>Fraxinus uhdei</i>	15.92 (15.9)
<i>Vachellia farnesiana</i>	9.7 (1.6-19)
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	7.3 (5.1-11.78)
<i>Neltuma laevigata</i>	6.1 (6.1)
<i>Phitecellobium dulce</i>	5.3 (4.1-7.4)

Fuente: Elaboración propia.

## Consideraciones finales

Tomando en cuenta los parámetros cualitativos, así como los cuantitativos y la riqueza de especies, se pueden identificar parcelas más degradadas que otras y que no necesariamente pertenecen al mismo transecto. Las parcelas más degradadas, tanto por la cantidad y el estado de la cobertura vegetal, así como por el impacto de uso de suelo, son las parcelas 4, 8, 10 y 12. Mientras que las parcelas mejor conservadas son la 5 y 11 de acuerdo con los parámetros anteriores y también por la diversidad de especies y área de cobertura vegetal. La presencia de especies exóticas en todas las parcelas indica un proceso sucesivo secundario y no se reconoció un sitio 100% conservado; no obstante, las parcelas 5 y 11 podrían servir de referencia para programas de recuperación.

Las estrategias de recuperación deben empezar por definir y delimitar la franja ribereña, ya que, aunque se observó que las parcelas menos degradadas son aquellas aledañas a zonas agrícolas, esta misma actividad pone en riesgo su prevalencia al no tener una delimitación bien establecida.

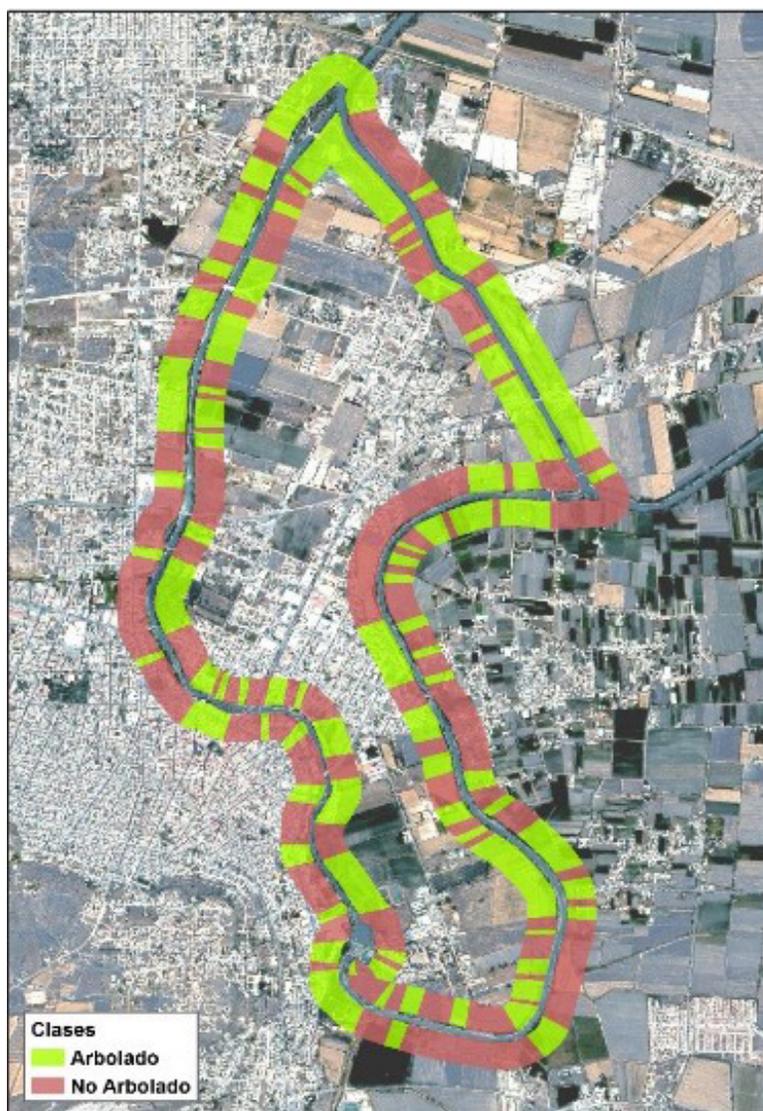
Otra estrategia, importante y necesaria, es limitar las causas que hacen que disminuya la cobertura vegetal. La falta del caudal hídrico de manera constante en esta parte del río y la contaminación del agua tienen influencia directa en la vegetación ribereña (Escalona-Domenech et al., 2022), por lo que son temas que hay que atender. Otro factor a limitar es el vertido de residuos que intencionalmente o no son arrojados a este cuerpo de agua. Ejemplo de ello son la basura doméstica, los residuos agrícolas y los de la construcción, entre muchos otros. La prevención de incendios es otra acción a implementar.

Las estrategias a nivel de especies vegetales deben incluir la protección y mantenimiento de la vegetación ribereña nativa que aún está presente. Tal es el caso de las especies del bosque de galería que obtuvieron alto IVI y el más alto DAP como son *T. mucronatum* y *S. farnesiana*. Una reforestación utilizando precisamente estos árboles parece ser lo ecológicamente aconsejable, sin embargo, al parecer *T. mucronatum* no se está regenerando por lo que su adaptabilidad a este espacio degradado está en duda. Especies con árboles tanto jóvenes como maduros, tales como *V. farnesiana* y *P. guajava* también podrían ser adecuados para la reforestación. La especie exótica *J. arborea* también muestra alta adaptabilidad, pero habría que evaluar el efecto ecológico que podría producir si se continúa usando para este fin. En la Figura 3 se muestra un mapa del meandro de 2020 con sugerencias de las zonas que requieren reforestación.

Por otro lado, es necesario evaluar si la especie exótica *R. communis* representa una amenaza como plaga dada su incidencia, alta área de cobertura y su rápida propagación en todas las parcelas muestreadas. *E. crassipes* y *M. Repens* son especies que requieren ser controladas para evitar su propagación y sus efectos adversos.

Adicionalmente, es necesario determinar la viabilidad de la zona de estudio como cuerpo de agua, ya sea como laguna lineal o como río intermitente. Para lo anterior se requieren otros estudios que determinen el balance hídrico, el caudal ecológico necesario y valorar su estatus ecológico. Todo lo anterior no solo para diagnosticar la situación actual y actuar en consecuencia, sino también para poder proyectar este sitio y salvaguardarlo como patrimonio natural de la región y de la cuenca a la cual pertenece.

**Figura 3.** Zonas del meandro La Piedad-Pénjamo del Río Lerma con arbolado y sin arbolado



Fuente: Elaboración de Jesús Medina, CEGH Colmich.

## Conclusiones

El meandro de La Piedad-Pénjamo es un ecosistema ripario medianamente degradado con tendencia a estar altamente degradado no solo por estar aislado del cauce natural sino también por el incremento de las actividades agrícolas, urbanas e industriales que se desarrollan en sus laderas. Esto ha propiciado la pérdida de aproximadamente el 30% de la cobertura vegetal, además de la degradación de esa cobertura por quemadas, aplicación de plaguicidas y la presencia de plagas. Las 38 familias y 81 especies reportadas permiten considerar la existencia de una diversidad de especies significativa que es muy variable en cada tramo muestreado. Como en otros ríos, las especies arbustivas son las que componen la mayor parte de la cobertura vegetal con las familias más características como Asteraceae y Poaceae, sin embargo, la mayor área de cobertura es por especies exóticas como la *R. communis* y en el lecho la presencia de *E. crassipes*. A pesar de ello, aún se observa bosque de galería característico del sistema ripario compuesto por *S. bonplandiana* y *T. mucronatum* sin embargo muchos de estos con plaga o de edad muy avanzada, siendo los árboles más jóvenes los de las especies *P. laevigata* y *P. dulce*.

En general, el meandro presenta alteración de la cobertura vegetal pero antes de una intervención es necesario evaluar otros componentes importantes de este cuerpo de agua intermitente como es su hidrología, cauce y contaminación de agua, así como evaluar y entender su papel dentro de la dinámica sociocultural actual.

## Agradecimientos

Los autores agradecen ampliamente al QFB Luis Rojas y a la M en C Olimpia Alonso por el apoyo en el trabajo de campo, al M. en C. Jesús Medina por los mapas. También agradecemos las facilidades para el trabajo de gabinete al CIIDIR.

## Bibliografía

- ARONSON, M.F. J., PATEL, M.V., O'NEILL, K. M. (2017). Urban riparian systems function as corridors for both native and invasive plant species. *Biol Invasions* 19, 3645–3657.
- BRIDSON, D., FORMAN, L. (1992). *The Herbarium Handbook* (Revised edition). UNAM.
- CALDERÓN RZEDOWSKI, G., RZEDOWSKI, J. (2004). *Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato*. Instituto de Ecología, A.C.
- CONABIO. (2021). Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/>

- CONAGUA. (2019). Diagnóstico de calidad del agua de la Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico. [https://Files.Conagua.Gob.Mx/Conagua/Generico/Calidad\\_del\\_agua/Diagnostico\\_lerma\\_santiago\\_pacifico\\_2012-2018.Pdf](https://Files.Conagua.Gob.Mx/Conagua/Generico/Calidad_del_agua/Diagnostico_lerma_santiago_pacifico_2012-2018.Pdf).
- CORIA-TÉLLEZ, A. V. (2021). Aprovechamiento vegetal local, ¿estrategia de conservación y/o control? En M. García, L. Crespo y A. V. Coria-Téllez (Eds.), *El patrimonio como eje para el desarrollo* (pp. 101–134). Ediciones Dabánatá.
- CRONQUIST, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden*. Columbia University Press.
- DE LA LANZA ESPINO, G. GONZÁLEZ VILLELA, R., GONZÁLEZ MORA, I. D., HERNÁNDEZ PULIDO, S. (2018) Caudal ecológico de ciertos ríos que descargan al Golfo de Mexico y al Pacífico Mexicano, *Ribagua*, 5(1), 3-15.
- 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.
- DÍAZ-PÉREZ, A. W., DAZA, F., SARMIENTO, W. (2012). Composición florística, estructura y diversidad del bosque ribereño del Río Kakada, Cuenca del Río Caura, estado Bolívar, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 275-289.
- ESCALONA-DOMENECH, R. Y., INFANTE-MATA, D., GARCÍA-ALFARO, J. R., RAMÍREZ-MARCIAL, N., ORTIZ-ARRONA, C. I. BARBA-MACÍAS, E. (2022). Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en la cuenca del río Margaritas, Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 38, 37-56.
- ESQUIVEL, E., VON HUMBOLDT, A. (1997). *Herbarios en los jardines botánicos*. Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima.
- GARCÍA RUIZ, I., LINARES, A. (2012). *Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano*. El Colegio de Michoacán, Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Michoacán.
- GODÍNEZ SALAZAR, D. A. (2017). Recursos vegetales culturalmente útiles en la región de La Piedad, Michoacán 1860-1950. [Tesis de maestría]. El Colegio de Michoacán.

- GRANADOS SÁNCHEZ, D., HERNÁNDEZ GARCÍA, M. A., LÓPEZ RÍOS, G. F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 12(1), 55–69.
- IMTA. (2009). Estrategia general para el Rescate ambiental y Sustentabilidad de la Cuenca Lerma Chapala. IMTA. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/EGRASCLCH.pdf>
- LIMÓNMACÍAS, G. y LIND, O. T. (1990) The Management of Lake Chapala (México): Considerations After Significant Changes in the Water Regime, *Lake and Reservoir Management*, 6(1), 61-70.
- MARCH-MIFSUT, I. J., MARTÍNEZ, J. R. (2007). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad, prioridades en México*. IMTA, Conabio, CEGI, AridAmérica. The Natura Conservancy.
- MATA-BALDERAS, J. M., HERNÁNDEZ-CÁRDENAS, S. E., 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. *CienciaUAT*, 14(2), 6-20.
- McVAUGH R. (1983). *Gramineae. Flora Novo-Galiciana* Vol. 14. Contributions from the University of Michigan Herbarium. The University of Michigan Herbarium.
- McVAUGH R. (1984). *Compositae Flora Novo-Galiciana A descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico*. The University of Michigan Herbarium.
- McVAUGH R. (1987). *Leguminosae. Flora Novo-Galiciana Vol. 5. Contributions from the University of Michigan Herbarium*. The University of Michigan Herbarium.
- MEDINA, J. (2019). Aspectos físico-geográficos. In C. Téllez (Ed.), *Estudios Michoacanos XV, temas selectos de La Piedad* (pp. 15–42). El Colegio de Michoacán.
- MARTÍNEZ, T. (2000). *Vegetación de ribera del río Henares en la comunidad de Madrid*. Consejería de Medio Ambiente. Colección Investigación.
- MARTÍNEZ-CALDERÓN, V. M., SOSA-RAMÍREZ, J., SIQUEIROS-DELGADO, M. E. DÍAZ-NÚÑEZ, V. (2021). Composición, diversidad y estructura de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Acta botánica mexicana*, (128), e1829.

- MÉNDEZ, M., ZERMEÑO, I., IBARRA, G. (2014). Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero River watershed in Michoacán. *Plant Ecology*, 215(3), 285–296.
- MORA, A., GARCÍA-GAMBOA, M. SÁNCHEZ-LUNA, M. S., GLORIA-GARCÍA, L. CERVANTES-AVILÉS, P., MAHLKNECHT, J. (2021). A review of the current environmental status and human health implications of one of the most polluted rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla. *Science of The Total Environment*, (782), 146788.
- 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.
- MORENO-JIMÉNEZ, V., GAMA-CAMPILLO, L. M., ROMERO GARCÍA, A., OCHOA-GAONA, S. CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M., JIMÉNEZ-PÉREZ, N.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.
- ORTIZ-ARRONA, C. (2019). *Los corredores ribereños en la cuenca del río Ayuquila-Armería en México*. Universidad de Guadalajara.
- REYES, N. P., C. A. (2016). Estructura y composición florística del Parque Urbano ecológico de Taquiscuareo, La Piedad, Michoacán. *Biológicas*, 18(1), 35–44.
- RZEDOWSKI, J., CALDERÓN DE RZEDOWSKI, G. (2013). Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. *Acta Botánica Mexicana*, 102, 1-23.
- SOLIS-GARZA, G., ROBLES-LÓPEZ, H., CASTELLANOS-VILLEGAS, A. E. (2017). Estructura y composición de la vegetación ribereña en zonas áridas. el caso de los ríos Nacanuchi y Sonora en el noroeste de México. *Biotecnia*, 19(2), 3-12.
- TRIPATHI, D., UDDIN AHAMAD, K., RÍOS-PÉREZ, D., TIWARI, D. K., CORIA-TÉLLEZ, A. (2022). Estimation of elemental pollution in freshwater sediment o Lerma River using EDS and FRX techniques. *Microscopy and Microanalysis*, 28(S1), 1578-1582.
- UNAM. (2020). Irekani. Galeria virtual del Instituto de Biología de la UNAM. <http://unibio.unam.mx/irekani/?proyecto=Irekani&column=2#irenani>
- VIBRANS, H. (2006). Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>

- VILLASEÑOR, J. L. (2004). Los Géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Botanical Sciences*, 75, 105–135.
- VILLALOBOS-CASTAÑEDA, B., CORTÉS-MARTÍNEZ, R., BUENROSTRO-DELGADO, N. S., MORTON-BERMEA, O., ALFARO-CUEVAS-VILLANUEVA, R. (2016). Distribution and enrichment of trace metals and arsenic at the upper layer of sediments from Lerma River in La Piedad, Mexico: case history. *Environmental Earth Science*, 75 (23),1-12.
- ZEPEDA GÓMEZ, C., NEMIGA, X. A., LOT, A., MADRIGAL, D. (2012a). Análisis del cambio del uso del suelo en las ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones geográficas*, (78), 48-61.
- ZEPEDA GÓMEZ, C., LOT HELGUERAS, A., NEMIGA XANAT, A., MADRIGAL URIBE, D. (2012b). Florística y Diversidad de las Ciénegas del Río Lerma Estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana*, 98, 23–49.