

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA EN ZONAS ÁRIDAS. EL CASO DE LOS RÍOS BACANUCHI Y SONORA EN EL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND COMPOSITION OF ARID LANDS RIPARIAN VEGETATION. THE CASES OF THE BACANUCHI AND SONORA RIVERS IN NORTHWESTERN MEXICO

Gilberto Solís-Garza^{1*}, Horacio Robles-López² y Alejandro Emilio Castellanos-Villegas¹

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad de Sonora. Blvd. Colosio s/n, entre Sahuaripa y Reforma, Col. Centro. CP 83000, Hermosillo, Sonora, México.

² Asesoría Forestal HRL. Calle Tehuantepec 177, Col. Centenario, CP 83260. Hermosillo, Sonora, México.

RESUMEN

La composición y estructura de la vegetación ribereña de los ríos Sonora y Bacanuchi en Sonora fueron determinadas después de la ocurrencia de eventos climáticos extraordinarios. Se registró el diámetro, la altura, el área basal y la cobertura por especie en 232 sitios (50 x 20 m). Se registraron 77 especies perteneciendo a 28 familias y 61 géneros con un total de 11,344 individuos (ind) muestreados. Para especies arbóreas la densidad promedio fue de 80 ind ha⁻¹, área basal promedio de 0.07 m²; cobertura aérea promedio 131.3 m² y altura promedio de 6.9 m. Mientras que las especies con mayor valor de importancia relativa fueron álamo, mezquite y sauce con el 39.3, 17.2 y 13.3%, respectivamente. En lo relativo con las especies arbustivas el batamote y la jécota fueron las especies que obtuvieron mayores valores de importancia relativa con el 43.02 y 20.33%. Se evaluó el número de individuos muertos atribuible a los eventos climatológicos resultando el 18.4% del total muestreado. Los resultados de este estudio pueden servir como referencia para futuros trabajos a realizarse en el río Sonora y otros ríos de la región, ya que ha contribuido al conocimiento de la vegetación y flora, en general y en particular la estructura y composición florística de estos ecosistemas ribereños.

Palabras clave: Composición, vegetación, estructura, IVI, Ríos Sonora y Bacanuchi.

ABSTRACT

Composition and structure of the riparian vegetation of the Sonora and Bacanuchi rivers in Sonora were determined after the occurrence of extreme climatic events. Diameter at breast height, height, basal and crown area and taxonomic identity of each individual were recorded in 232 quadrats of 1000 m² each (50 x 20 m). A total of 11,344 individuals (ind) belonging to 77 species and 28 families and 61 genera were identified. For tree species, the mean density was 80 ind ha⁻¹, mean basal area was 0.07 m² ha⁻¹, mean crown area was 131.3 m² and mean height was 6.9 m. The tree species with the highest importance values index (IVI) were álamo, mezquite and sauce with 39.3, 17.2 and 13.3%, respectively. In the case of shrubs, batamote and jecota were the species with highest

IVI values of 43.02 and 20.33%, respectively. Dead individuals corresponds to 18.4% of the entire sample. This study contributes to the knowledge of the riparian vegetation in Sonora and provides basic ecological information for future restoration programs.

Key words: Composition, vegetation, structure, IVI, Sonora and Bacanuchi rivers.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los ecosistemas ribereños cubren menos del 0.5% de la superficie en zonas áridas, son los de mayor uso para el desarrollo de diversas actividades económicas como agricultura, ganadería, minería y urbanización, entre otros. Los hábitats ribereños son fundamentales del medio ambiente ya que funcionan como corredores migratorios para diversas especies de fauna, proporcionan agua, protección, alimento y nutrientes a un gran número de organismos para su sobrevivencia, e inclusive, sirven de sustento a comunidades humanas. Estos hábitats generan servicios ecosistémicos de gran importancia al ser los ecosistemas con la mayor productividad regional, acumulan nutrientes que fertilizan sus suelos, controlan la erosión y funcionan como filtro del agua que recarga los acuíferos. Sin embargo, la calidad y disponibilidad de los servicios ecosistémicos que proporcionan los hábitats ribereños dependerán del grado de conservación y de las especies que componen su vegetación presente (Arizona Riparian Council, 1995).

La información disponible sobre las características cualitativas y cuantitativas de la vegetación ribereña es limitada en el noroeste de México, particularmente la de los ríos cuya extensión no cruza la frontera internacional. La literatura sobre los ríos nacionales de las zonas áridas de México es muy escasa. La literatura existente sobre estudios de vegetación en áreas ribereñas del estado de Sonora, no involucra trabajo alguno publicado sobre los ríos Bacanuchi y Sonora. En otras regiones de Sonora se han caracterizado los hábitats ribereños más tropicales y templados. Gentry (1942) caracterizó la flora y discutió sobre la vegetación ribereña subtropical a lo largo del Río Mayo. En regiones templadas y semiáridas del Noreste del territorio sonorense, White (1948) colectó y caracterizó la región del Río Bavispe, Solís et al.

*Autor para correspondencia: Gilberto Solís-Garza
 Correo electrónico: gsolis@guayacan.uson.mx

Recibido: 12 de agosto de 2016

Aceptado: 05 de marzo de 2017

mencionar que el cauce del Río Sonora mantiene un régimen perenne en su mayor parte, mientras que el río Bacanuchi es intermitente.

Los principales tipos de vegetación y uso de suelo reportados para el área de estudio por INEGI en su Serie IV están conformados por Agricultura de Riego, Pastizal Cultivado, Matorral Desértico Micrófilo, Matorral Subtropical, Bosque de Encino y Mezquital, principalmente. En el área de estudio existen 4500 ha utilizadas para siembras y plantaciones, sobresaliendo el nogal con 1009 ha, alfalfa con 1600 ha y sorgo forrajero con 880 ha.

Métodos

El muestreo de la vegetación se realizó en octubre de 2014 en 232 sitios, 43 sitios ubicados en el Río Bacanuchi y 189 sitios en el Río Sonora. La forma de las parcelas utilizadas en los muestreos fue rectangular con un tamaño de 1000 m² (50 m de largo paralelos al cauce y 20 m de ancho) distribuidas en ambas márgenes, tendiéndose a seleccionar aquellas zonas en las cuales la estructura de la vegetación pudiera ser más representativa, como es el caso, poca evidencia de perturbación natural provocada por el paso del ciclón Odile y antropogénica por la remoción de la vegetación para establecer huertos y parcelas de cultivo. En cada sitio de muestreo se obtuvo la ubicación geográfica utilizando el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM por sus siglas en inglés) Datum WGS84. Una fotografía fue obtenida como evidencia en la mayoría de los sitios muestreados.

La composición de especies vegetales, hierbas (incluye pastos), arbustos y árboles presentes en la planicie de inundación fueron muestreadas e identificadas en campo y laboratorio. La nomenclatura utilizada es la de Kearney and Peebles (1960).

Para los individuos arbóreos dentro de cada sitio se registraron especie, radio mayor y menor de la copa, DAP (clasificándolas en 10 clases diamétricas con intervalos de 10 cm (desde > 5-10, 10-20... hasta > 100 cm) y seis clases de alturas expresada en m (desde < 1, 1-2, 2-5, 5-10, 10-20 y > 20 m). Para los individuos arbustivos se determinaron especie y diámetro a 0.10 m sobre la superficie del suelo. Con estas variables se calculó el índice de valor importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951; Mueller-Dombois and Ellenberg 1974) de cada especie expresada como la suma de densidad relativa + dominancia relativa (área basal relativa) + frecuencia relativa. El diámetro basal se utilizó para inferir la distribución de las edades, es decir, se considera una población juvenil cuando las especies dominantes son representadas por un número desproporcionado de individuos en clases diamétricas pequeñas y cuando los individuos maduros son raros; intermedia cuando existe una mezcla de individuos de las especies arbóreas representadas en todas las clases; y madura cuando las especies dominantes son representadas por un número desproporcionado de individuos en clases diamétricas grandes y las plántulas e individuos jóvenes son raros o ausentes (Barbour et al., 1980).

La información en campo de los individuos presentes se realizó en la planicie de inundación después de la ocurrencia de eventos climáticos extremos como fue el paso del huracán Odile registrado del 14 al 16 de septiembre. Este fenómeno, ya como depresión tropical, generó precipitaciones de 200 mm de lluvia, aproximadamente, y avenidas extraordinarias en el cauce que pudieron haber causado pérdidas importantes de individuos de la vegetación cercana al cauce de ambos ríos. Los individuos presentes se clasificaron, de acuerdo a los siguientes criterios: Vivos (V) aquellos que presentaron mayor vigor sin daño físico visible aparente; Muertos (M) aquellos que presentaron troncos y ramas secas no recientes o bien la raíz completamente descubierta con daño físico visible; y Afectados (A), individuos arrancados o derribados por la acción de la creciente natural del cauce con posibilidades de sobrevivir de acuerdo a su gran capacidad de regeneración como *Baccharis salicifolia* (batamote) e *Hymenoclea monogyra* (jécota). Para la estimación de los índices ecológicos solo se consideró la suma de los individuos vivos y afectados por especie.

En el análisis de la diversidad se usaron los índices de Shannon - Wiener utilizando el logaritmo natural y el Índice Inverso de Simpson (Magurran, 1988; Peet, 1974).

RESULTADOS

Composición florística en los Ríos Sonora y Bacanuchi

La flora identificada en este estudio estuvo conformada por un total de 77 especies de 28 familias y 61 géneros. Las familias mejor representadas fueron *Fabaceae* con 16 géneros y 22 especies, *Asteraceae* con siete géneros y diez especies y *Poaceae* con siete géneros y siete especies (Tabla 1). Los arbustos fueron la forma de crecimiento predominante con 50.6% del total de las especies, seguido por herbáceas (incluye pastos) con el 31.2% y por último los árboles con el 18.2%. La mayoría de las especies herbáceas son anuales, de las cuales el 42.8% corresponde a malezas y especies introducidas sugiriendo una alteración de las comunidades vegetales presentes que pueden estar relacionadas con los disturbios que se presentan en los ecosistemas ribereños debido a la fragmentación del suelo para su uso agropecuario. Dos especies identificadas están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; el nogal silvestre (*Juglans major*) está catalogado como amenazado y el palo fierro (*Olneya tesota*) está indicado con protección especial.

Densidad total de individuos arbóreos y arbustivos vivos y muertos

Un total de 11344 individuos fueron registrados en los 232 sitios de muestreo; el 31.1% corresponde a árboles y el resto a arbustos. Las especies arbóreas con mayor número de individuos muestreados fueron álamo (*Populus fremontii*), mezquite (*Prosopis velutina*) y sauce (*Salix gooddingii*) con el 48.6, 24.0 y 12.7% del total, respectivamente (Tabla 3). En los sitios con mayor disponibilidad de humedad, los individuos de mezquite se presentaban como árboles y en partes más alejadas del cauce principal se identificaron como arbustos.

Tabla 1. Lista de plantas identificadas sobre el cauce y planicie de inundación de los Ríos Sonora y Bacanuchi, Sonora
Table 1. List of species found in the floodplain of the Sonora and Bacanuchi rivers, Sonora

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de vida
Amaranthaceae	°Amaranthus palmeri S. Watson	Quelite	Herbácea
Anacardiaceae	<i>Toxicodendron radicans</i> (L.) Kuntze	Hiedra	Herbácea
Apocynaceae	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	Sitavaro	Arbustiva
Asteraceae	°Ambrosia ambrosioides (Cav.) Payne	Chicurilla	Herbácea
Asteraceae	°Ambrosia chenopodifolia (Benth.) Payne	Huizapol	Arbustiva
Asteraceae	°Ambrosia confertiflora DC.	Estafiate	Arbustiva
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pavon) Pers.	Batamote	Arbustiva
Asteraceae	° <i>Baccharis sarothroides</i> A. Gray	Romerillo	Arbustiva
Asteraceae	° <i>Heterotheca subaxillaris</i> (Lam.) Britt. & Rusby	Gordolobo	Herbácea
Asteraceae	<i>Hymenoclea monogyra</i> Torr. & A.Gray	Jécota	Arbustiva
Asteraceae	*° <i>Helianthus annuus</i> L.	Girasol	Herbácea
Asteraceae	° <i>Montanoa rosei</i> B.L. Rob. & Greenm	Batayaqui	Arbustiva
Asteraceae	°* <i>Xanthium strumarium</i> L.	Cadillo	Herbácea
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i> (Engelm.) F.M. Knuth	Sibiri	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.	Nopal	Arbustiva
Cactaceae	<i>Opuntia violaceae</i> Engelm.	Nopal	Arbustiva
Cactaceae	<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	Pitaya	Arbustiva
Caprifoliaceae	<i>Sambucus nigra</i> subesp. <i>cerulea</i> (Raf.) Bolli	Tápiro	Arbórea
Cucurbitaceae	° <i>Cucurbita digitata</i> A. Gray.	Calabacilla	Herbácea
Equisetaceae	° <i>Equisetum laevigatum</i> A. Braun.	Cola de caballo	Herbácea
Euphorbiaceae	° <i>Cnidiosculus angustidens</i> Torr.	Mala mujer	Herbácea
Fabaceae	<i>Acacia constricta</i> Benth.	Mezquitillo	Arbustiva
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Vinorama	Arbustiva
Fabaceae	<i>Acacia greggii</i> A. Gray	Uña de gato	Arbustiva
Fabaceae	<i>Acacia occidentalis</i> Rose	Tésota	Arbórea
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Standley & Steyern.	Tabachín	Arbustiva
Fabaceae	<i>Cassia covesii</i> A. Gray	Hojasén	Arbustiva
Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i> Ortega	Tronador	Arbustiva
Fabaceae	<i>Coursetia glandulosa</i> A. Gray	Zámota	Arbustiva
Fabaceae	<i>Desmanthus covillei</i> (B. & R.) Wiggins	Daís	Arbustiva
Fabaceae	<i>Erythrina flabelliformis</i> Kearney	Chilicote	Arbustiva
Fabaceae	<i>Eysenhardtia orthocarpa</i> var. <i>orthocarpa</i> (A. Gray) S. Wats.	Palo dulce	Arbustiva
Fabaceae	<i>Havardia mexicana</i> (Rose) Britt. et Rose	Chino	Arbórea
Fabaceae	°* <i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	Trébol	Herbácea
Fabaceae	<i>Mimosa laxiflora</i> Benth.	Uña de gato	Arbustiva
Fabaceae	¹ <i>Olneya tesota</i> A. Gray (Pr E)	Palo fierro	Arbustiva
Fabaceae	<i>Parkinsonia microphylla</i> Torrey.	Palo verde	Arbustiva
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) J. A. Hawkins	Palo brea	Arbustiva
Fabaceae	<i>Parkinsonia sonora</i> Rose et I. M. Johnston.	Palo verde	Arbustiva
Fabaceae	<i>Pithecellobium sonora</i> S. Watson	Tamarindo	Arbustiva
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i> Torrey	Mezquite	Arbustiva
Fabaceae	<i>Prosopis velutina</i> Wooton	Mezquite	Arbustiva
Fabaceae	° <i>Sesbania herbacea</i> (Mill.) McVaugh	Baiquillo	Herbácea
Juglandaceae	¹ <i>Juglans major</i> (Torr.) Heller	Nogal silvestre	Arbórea

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Forma de vida
Juglandaceae	* <i>Juglans regia</i> L.	Nogal cultivado	Arbórea
Malvaceae	° <i>Anoda cristata</i> (L.) Schlecht	Pintapán	Arbustiva
Malvaceae	°* <i>Malva parviflora</i> L.	Malva	Herbácea
Martynaceae	° <i>Proboscidea parviflora</i> subesp. <i>parviflora</i> (Woot.) Woot. & Standl.	Uña de gato	Herbácea
Meliaceae	* <i>Melia azedarach</i> L.	Piocha	Arbustiva
Moraceae	<i>Morus microphylla</i> Buckley	Mora silvestre	Arbórea
Nyctaginaceae	<i>Pisonia capitata</i> (S. Watson) Standl.	Garabato	Arbustiva
Oleaceae	<i>Fraxinus velutina</i> Torr.	Fresno	Arbórea
Papaveraceae	° <i>Argemone pleiacantha</i> subesp. <i>pleiacantha</i> Greene	Cardo	Herbácea
Platanaceae	<i>Platanus wrightii</i> S. Watson	Sicomoro	Arbórea
Poaceae	<i>Bouteloua rothrockii</i> Vasey	Zacate liebrero	Herbácea
Poaceae	<i>Cathesctum brevifolium</i> Swallen	Gramma china	Herbácea
Poaceae	°* <i>Chloris virgata</i> Swatz	Cola de zorra	Herbácea
Poaceae	°* <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Zacate bermuda	Herbácea
Poaceae	° <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	Carrizo	Arbustiva
Poaceae	* <i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	Buffel	Herbácea
Poaceae	°* <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Zacate Johnson	Herbácea
Poligonaceae	° <i>Antigonum leptopus</i> Hook. & Arn.	San Miguelito	Herbácea
Salicaceae	<i>Populus fremontii</i> S. Watson	Álamo	Arbórea
Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	Sauce	Arbórea
Salicaceae	<i>Salix gooddingii</i> C.R. Ball	Sauce	Arbórea
Sapindaceae	° <i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Tarachique	Arbustiva
Solanaceae	° <i>Datura discolor</i> Bernh	Toloache	Herbácea
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i> L.	Toloache	Herbácea
Solanaceae	<i>Lycium andersonii</i> A. Gray	Salicieso	Arbustiva
Solanaceae	° <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	Tomatillo	Herbácea
Solanaceae	° <i>Nicotiana glauca</i> Graham	Juan loco	Herbácea
Tamaricaceae	* <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Tamarix	Arbustiva
Theophrastaceae	<i>Jacquinia macrocarpa</i> Cav.	San Juanico	Arbórea
Ulmaceae	<i>Celtis iguanea</i> (Jacq.) Sarg.	Vainoro	Arbustiva
Ulmaceae	<i>Celtis reticulata</i> Torr.	Cúmaro	Arbórea
Ulmaceae	<i>Celtis pallida</i> subsp. <i>pallida</i> Torr.	Grangeno	Arbórea
Verbenaceae	° <i>Lantana camara</i> L.	Confiturilla	Arbustiva

*No nativa.

°1 Malezas.

¹ NOM-059-SEMARNAT-2010

Del total de individuos muestreados, el 81.6% se encontró como vivos (suma de vivos + afectados) y el 18.4% como muertos (Tabla 2). En relación con el porcentaje de individuos arbóreos muertos por especie, al sauce y álamo corresponden los valores mayores debido al desenterrado de las raíces provocado posiblemente por la velocidad de la corriente de agua posterior al ciclón Odile, entre otros eventos. La mayor mortandad de individuos se observó en la parte central del canal activo.

Con relación a las especies arbustivas, *Baccharis salicifolia* (batamote) e *Hymenoclea monogyra* (jécota) contribuyeron con el 75.4 y 20.5% del total de individuos muestreados, respectivamente. El batamote aportó el 52% de la densidad

Tabla 2. Resumen de individuos vivos, afectados, muertos y total por forma de crecimiento

Table 2. Summary of alive, affected, dead and total individuals per growth form

Forma de crecimiento	Vivos	Afectados	Muertos	Total individuos
Arbórea	2951	197	375	3523
Arbustiva	3561	2543	1717	7821
Total	6512	2740	2092	11344

Tabla 3. Resumen de individuos total, vivos (v + a) y muertos de especies arbóreas muestreados en los ríos Bacanuchi y Sonora**Table 3.** Summary of total, alive (alive + affected) and dead individuals sampled along Bacanuchi and Sonora rivers, Sonora

Especie	Total Ind. (23,200 m ²)	Vivos	Afectados	V + A	Muertos	%	
						Vivos	Muertos
POFR ¹	1715	1414	31	1445	270	82.4	17.6
PRVE	847	736	57	793	54	86.9	13.1
SAGO	449	319	88	407	42	71.0	29.0
CEPA	130	130	0	130	0	100.0	0.0
HAME	81	77	4	81	0	95.1	4.9
CERE	72	70	0	70	2	97.2	2.8
JUMA	51	42	4	46	5	82.4	17.6
PAAC	46	38	8	46	0	82.6	17.4
PAPR	28	27	0	27	1	96.4	3.6
FRVE	27	26	1	27	0	96.3	3.7
PAMI	25	21	3	24	1	84.0	16.0
ACOC	23	23	0	23	0	100.0	0.0
SANI	12	11	1	12	0	91.7	8.3
SABO	6	6	0	6	0	100.0	0.0
MEAZ	4	4	0	4	0	100.0	0.0
JUDE	4	4	0	4	0	100.0	0.0
MOMI	3	3	0	3	0	100.0	0.0
Total	3523	2951	197	3148	375	83.8	16.2

POFR¹ = *Populus fremontii*
 PRVE = *Prosopis velutina*
 SAGO = *Salix gooddingii*
 CEPA = *Celtis pallida*
 HAVA = *Havardia mexicana*
 CERE = *Celtis reticulata*
 JUMA = *Juglans major*
 PAAC = *Parkinsonia aculeata*
 PAPR = *Parkinsonia praecox*
 FRVE = *Fraxinus velutina*
 PAMI = *Parkinsonia microphylla*
 ACOG = *Acacia occidentalis*
 SANI = *Sambucus nigra*
 SABO = *Salix bonplandiana*
 MEAZ = *Melia azedarach*
 JUDE = *Juniperus deppeana*

total de todas las especies identificadas. Las mismas especies arbustivas aportaron el 24.8 y 15.2% de individuos muertos (Tabla 4). El 12.9% de individuos muertos fueron de *B. salicifolia*. Es importante mencionar que las especies vegetales más alteradas fueron las arbustivas, como *H. monogyra* y *B. salicifolia*, presentes en la parte central del canal activo que funciona como cama de siembra para las especies arbóreas.

Especies arbóreas vivas

Los resultados del análisis de la información obtenida de los parámetros estructurales y morfométricos de las especies arbóreas presentes sobre los cauces de ambos

Tabla 4. Resumen del número total de individuos vivos y muertos muestreados de especies arbustivas**Table 4.** Summary of the total number of alive and dead individuals sampled of shrub species

Especie	Total Ind. (23,200 m ²)	Vivos	Afectados	V + A	Muertos	%	
						Vivos	Muertos
<i>Baccharis salicifolia</i> ¹	5899	2283	2152	4435	1464	75.2	24.8
<i>Hymenoclea monogyra</i>	1605	1000	360	1360	245	84.7	15.3
<i>Acacia farnesiana</i>	212	173	31	204	8	96.2	3.8
<i>Pisonia capitata</i>	50	50	0	50	0	100.0	0.0
<i>Lycium andersonii</i>	55	55	0	55	0	100.0	0.0
Total	7821	3561	2543	6104	1717	78.0	22.0

BASA1 = *Baccharis salicifolia*
 HUMO = *Hymenoclea monogyra*
 ACFA = *Acacia farnesiana*
 PICA = *Pisonia capitata*
 LYAN = *Lycium andersonii*

ríos y planicies de inundación en el Sonora y Bacanuchi se presentan en la Tabla 5. Entre las especies con mayor densidad estuvieron álamo con 626, mezquite con 342 y sauce con 175 ind ha⁻¹. La cobertura aérea promedio de todos los individuos fue de 130.3 m² oscilando los valores entre 353.8 m² de fresno (*Fraxinus velutina*) y 12.6 m² de mora silvestre (*Morus microphylla*).

El diámetro normal (DN) promedio por especie fue de 0.25 m variando desde 0.6 m en el caso del fresno hasta 0.08 m en el caso de mora silvestre. Dicho parámetro, clasificando por clase diamétrica, fue utilizado como estimador de la distribución por edades de las diferentes especies arbóreas presentes en los Ríos Bacanuchi y Sonora. Por lo tanto, la comunidad vegetal puede considerarse como juvenil ya que el 69.3% de los individuos se encuentran entre las clases > 0.5 a 3 dm. Las poblaciones de álamo y sauz se pueden considerar como juveniles o sub-maduras ya que el 82.9% y el 83.3% de la densidad relativa se encuentran entre > 0.5 dm a 0.4 dm (Tabla 6).

En la Figura 2 se muestra la distribución del DN (expresado en dm) por categoría diamétrica de los individuos de álamo. Esta especie pudiera ser considerada como especie bandera y quizás la más afectada (270 individuos muertos) por el derrame en todo el trayecto de los Ríos Sonora y Bacanuchi, pues presentó una discontinuidad en su edad y una ausencia de reclutamiento en las clases diamétricas de > de 0.5 dm hasta 0.1 – 0.2 dm (13.9%) debido quizás a su mayor presencia en el canal activo durante los eventos mencionados. En las clases diamétrica de 0.2 a 0.4 dm se concentra el 69.1% del total de los 1445 individuos vivos muestreados. Mientras que el 16.4% de los individuos presentan un DN mayor a los 0.4 dm, pudiéndose catalogar como maduros. Estos individuos, por lo general, se localizan alejados del cauce activo donde el nivel freático se encuentra más profundo causado muchas veces por la extracción de agua en pozos. Por consiguiente, la disponibilidad de semillas puede existir

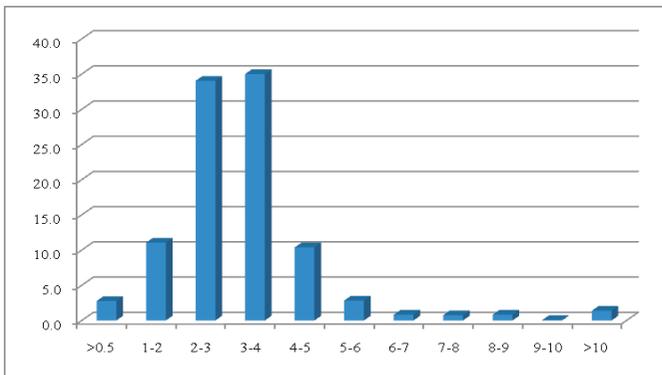


Figura 2. Distribución del DN por categoría diamétrica (dm) de los 1445 individuos de la especie álamo *Populus fremontii* a lo largo del Río Sonora.

Figure 2. Tree diameter size classes distribution of 1445 individuals of cottonwood *Populus fremontii* along floodplain of the Sonora river.

pero no la suficiente humedad para su germinación y la tendencia de la especie a desaparecer sea posible de acuerdo a la información obtenida en campo.

El área basal promedio por especie fue de 0.07 m² siendo el valor máximo de 0.302 m² en fresno y el mínimo 0.004 m² en mora silvestre. La altura promedio de todos los individuos fue de 6.9 m; el valor máximo fue 18.3 m en álamo y 2.2 m en mora silvestre (Tabla 5).

Aunado a lo anterior y con el fin de reforzar la información relacionada con la riqueza y estructura en el cauce y planicie de inundación de los ríos se describen los parámetros poblacionales de densidad, dominancia y frecuencia de las especies arbóreas mediante el índice de valor de importancia (IVI) que resulta de la suma de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia de las especies muestreadas en esa comunidad.

Con relación a la densidad relativa, las especies arbóreas que aportaron mayor porcentaje fueron álamo, mezquite y sauce con 45.9, 25.2 y 12.9%, respectivamente. Las 14 especies restantes aportaron el 16% del total de la densidad relativa (Tabla 7). La densidad total del nogal silvestre (*Juglans major*) especie enlistada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 fue de 42 individuos vivos, 5 muertos y 4 afectados tan solo en el Río Bacanuchi. La mortandad no es reciente, pero sí corresponde a los individuos desenraizados por efecto de la reciente creciente del río.

En el área del proyecto, las especies arbóreas con mayor dominancia relativa fueron álamo y sauce con el 52.9 y 11.7%, respectivamente (Tabla 6). Los valores mayores de frecuencia relativa fueron aportados por cúmaro, álamo y mezquite con el 19.7, 19.2 y 17.8%, respectivamente (Tabla 7). La información obtenida en los parámetros de población evaluados fue utilizada para determinar el valor de importancia relativa por especie aportando álamo, mezquite y sauce el 39.3, 17.2 y 13.3%, respectivamente (Tabla 7). La asociación vegetal puede ser entonces clasificada como *Populus fremontii-Prosopis velutina-Salix gooddingii* en los Ríos Sonora y Bacanuchi. El álamo y el sauce son consideradas como especies ribereñas obligadas.

Tabla 5. Valores promedio de la estructura y características morfométricas de las especies arbóreas de los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora

Table 5. Mean value of the structure and morphometric characteristics of the tree species along Bacanuchi and Sonora rivers, Sonora

Especies	Densidad (ind. ha ⁻¹)	Cobertura aérea (m ²)	DN (m)	Área basal (m ²)	Altura media (m)
<i>Populus fremontii</i>	623	337.2	0.32	0.081	18.3
<i>Prosopis velutina</i>	342	94.1	0.17	0.024	4.7
<i>Salix gooddingii</i>	175	243.9	0.28	0.063	9.0
<i>Celtis reticulata</i>	30	87.6	0.26	0.053	6.8
<i>Celtis pallida</i>	56	43.9	0.09	0.007	3.9
<i>Havardia mexicana</i>	35	217.6	0.19	0.027	5.9
<i>Juglans major</i>	20	352.8	0.54	0.232	10.2
<i>Parkinsonia aculeata</i>	20	13.8	0.08	0.005	4.1
<i>Parkinsonia praecox</i>	12	15.4	0.08	0.005	8.3
<i>Fraxinus velutina</i>	12	353.8	0.62	0.302	12.0
<i>Sambucus nigra</i>	5	68.0	0.36	0.101	5.5
<i>Parkinsonia microphylla</i>	10	15.4	0.08	0.008	3.9
<i>Acacia occidentalis</i>	10	39.9	0.11	0.009	4.5
<i>Salix bonplandiana</i>	3	134.1	0.45	0.159	11.3
<i>Morus microphylla</i>	1	12.5	0.08	0.004	2.2
<i>Melia azerdarach</i>	2	103.7	0.33	0.083	4.0
<i>Juniperus deppeana</i>	2	82.0	0.19	0.027	3.5
Promedio	80	130.3	0.25	0.070	6.9

Especies arbustivas vivas

La estructura de la vegetación arbustiva se determinó obteniendo el valor de importancia relativa observándose los resultados obtenidos en la Tabla 8. El batamote (*Baccharis salicifolia*) con el 72.7% y la jécota (*Hymenoclea monogyra*) con el 22.3% contribuyeron con el 95.0% de la densidad relativa. En lo relacionado con la dominancia relativa, vinorama (*Acacia farnesiana*) y garabato (*Pisonia capitata*) representaron el 33.9 y 30.6% del total, respectivamente. Batamote y jécota fueron las especies más frecuentes en los sitios muestreados con 44.4 y 28.5%, respectivamente. La suma de los valores relativos de densidad, dominancia y frecuencia indican que batamote y jécota fueron las especies con valores mayores (43.02 y 20.33%, respectivamente).

Tabla 6. Densidad relativa por especie arbórea y por clase diamétrica expresada en decímetros.**Table 6.** Relative tree density by diameter size classes (decimeter)

Clases diamétricas	POFR	PRVE	HAME	SANI	SAGO	JUMA	JUDE	MEAZ	MOMI	ACOC	CERE	PAPR	PAAC	PAMI	FRVE	CEPA	SABO	Total
>0.5	2.8	60.8			7.1				100.0	91.3	2.9	96.3	97.8	70.8		79.2		35.8
1-2	11.1	19.3	85.2	8.3	24.1	4.3	25.0	25.0			42.9	3.7	2.2	25.0	3.7	10.8		17.1
2-3	34.0	14.1	3.7	33.3	37.8	15.2	50.0	25.0			24.3			4.2	11.1	10.0	16.7	16.4
3-4	35.0	2.1	4.9	25.0	14.3	13.0	25.0	25.0		4.3	15.7				11.1		33.3	12.3
4-5	10.4	1.3	3.7	16.7	6.1	15.2					5.7				14.8		16.7	5.3
5-6	2.8	1.1	1.2	8.3	3.9	17.4		25.0		4.3	5.7				14.8		16.7	6.0
6-7	0.8	0.4			2.7	6.5					1.4				3.7		16.7	1.9
7-8	0.8	0.3	1.2	8.3	1.7	6.5									3.7			1.3
8-9	0.8	0.4			1.2	13.0					1.4				14.8			1.9
9-10	0.1	0.3			0.5													0.0
>10	1.4				0.5	8.7									22.2			1.9
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabla 7. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas en los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora**Table 7.** Importance values index of tree species along Sonora and Bacanuchi rivers, Sonora

Especie	Ind.	Densidad/ha		Área Basal		Dominancia		Frecuencia		IVI
	(23200 m ²)	Abs.	Rel.	Muestra	10000 m ²	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	
Populus fremontii	1445	623	45.90	116.94	50.406	0.00504	52.95	144	19.20	39.35
Prosopis velutina	793	342	25.19	18.86	8.128	0.00081	8.54	133	17.78	17.17
Salix gooddingii	407	175	12.93	25.78	11.113	0.00111	11.67	115	15.34	13.31
Celtis reticulata	70	30	2.22	3.72	9.109	0.00091	9.57	148	19.74	10.51
Celtis pallida	130	56	4.13	0.90	2.975	0.00030	3.13	40	5.33	4.20
Havardia mexicana	81	35	2.57	2.22	8.115	0.00081	8.52	30	4.00	5.03
Juglans major	46	20	1.46	10.69	3.153	0.00032	3.31	21	2.83	2.53
Parkinsonia aculeata	46	20	1.46	0.21	0.138	0.00001	0.14	40	5.36	2.32
Parkinsonia praecox	27	12	0.86	0.13	1.171	0.00012	1.23	20	2.67	1.59
Fraxinus velutina	27	12	0.86	8.15	0.320	0.00003	0.34	19	2.56	1.25
Sambucus nigra	12	5	0.38	1.21	0.429	0.00004	0.45	9	1.20	0.68
Parkinsonia microphylla	24	10	0.76	0.19	0.048	0.00000	0.05	9	1.18	0.66
Acacia occidentalis	23	10	0.73	0.21	0.047	0.00000	0.05	9	1.20	0.66
Salix bonplandiana	6	3	0.19	0.95	0.024	0.00000	0.02	5	0.67	0.30
Morus microphylla	3	1	0.10	0.01	0.036	0.00000	0.04	3	0.41	0.18
Melia azedarach	4	2	0.13	0.33	0.014	0.00000	0.01	2	0.27	0.14
Juniperus deppeana	4	2	0.13	0.11	0.008	0.00000	0.01	2	0.27	0.13
Total	3148	1357	100.0	190.6	95.23	0.00952	100.04	749.9	100.0	100.0

Tabla 8. Índice de valor de importancia de las especies arbustivas en los ríos Bacanuchi y Sonora, Sonora, México
Table 8. Importance values index of shrub species along Sonora and Bacanuchi rivers, Sonora, México

Especie	Ind. (23200 m ²)	Densidad		Dominancia		Frecuencia		VIR
		Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	
BASA	4435	1912	72.7	6.55	12.0	112	44.4	43.02
HYMO	1360	586	22.3	5.55	10.2	72	28.5	20.33
ACFA	204	88	3.3	18.5	33.9	49	19.4	18.88
PICA	50	22	0.8	16.7	30.6	8	3.2	11.54
LYAN	55	24	0.9	7.3	13.4	11	4.4	6.23
Total	6104	2631	100.0	54.6	100.0	252.2	100.0	100.0

BASA = *Baccharis salicifolia*
 HYMO = *Hymenoclea monogyra*
 ACFA = *Acacia farnesiana*
 PICA = *Pisonia capitata*
 LYAN = *Lycium andersonii*

Índices de Diversidad de Especies Vegetales

Los valores de los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson por forma de crecimiento se presentan en la Tabla 9. El valor obtenido en el primer índice se puede considerar pequeño ya que un valor normal se considera entre 2 y 3 para las variables estudiadas. Lo anterior se puede explicar ya que solo tres especies de las 21 identificadas proporcionaron el 79% de la abundancia relativa, mientras que el 21% de la abundancia relativa corresponde al resto de las especies. Lo mismo sucedió en el caso de las especies arbóreas, ya que álamo, mezquite y sauce aportaron el 84% de la abundancia relativa. En el caso de las especies arbustivas, batamote y jécota aportaron el 95% de la abundancia relativa. Los valores resultantes serán mayores cuando exista una distribución más equitativa entre las proporciones de individuos de las especies en la comunidad, en tanto que serán menores cuando una especie sobresalga en densidad con respecto a las demás especies de la comunidad.

DISCUSIÓN

La vegetación presente sobre el cauce y planicie de inundación de los Ríos Sonora y Bacanuchi se encuentra transformada por la actividad humana debido principalmente a desmontes para actividades agrícolas y ganaderas, aunado a un manejo del suelo y vegetación diferenciado. Las áreas ribereñas están sometidas posiblemente a una gran presión antropogénica y las convierte en frágiles, tanto que deberían ser propuestas para implementar obras de conservación (Solis *et al.*, 2001). Aunado a lo anterior, eventos recientes, como el derrame de ácido sulfúrico y metales pesados el día 6 de agosto de 2014, el paso del ciclón Odile del 14 al 16 de septiembre y el azolve resultado de avenidas extraordinarias en el Río Bacanuchi, han provocado el arranque y arrastre de la vegetación presente, situación que aumentó la mortandad de individuos y ha limitado los renuevos.

De acuerdo a las observaciones realizadas durante el trabajo de campo, las especies vegetales más afectadas corresponden a las localizadas en la parte central del canal activo siendo batamote, álamo y jécota las especies más afectadas con el mayor número de individuos muertos (1464,

Tabla 9. Valores de índices de diversidad por forma de crecimiento en los Ríos Sonora y Bacanuchi, Sonora

Table 9. Shannon's and Simpson indices values for each growth form along the Sonora and Bacanuchi rivers, Sonora

Forma de crecimiento	Shannon		Simpson
	Índice	Equitatividad	Índice
Todas especies	1.69	0.55	0.71
Arbóreas	1.61	0.57	0.71
Arbustos	0.76	0.47	0.42

270 y 245, respectivamente), representando el 23.4% del total de individuos muestreados. De hecho, el número de los individuos muertos representa al 94.5% del total de todas las especies identificadas.

En condiciones normales, el efecto de las avenidas es drástico en raras ocasiones dado que las velocidades más frecuentes del agua no afectan a los árboles en las orillas. Cuando se presentan caudales grandes, la vegetación ribereña puede ser afectada. Las corrientes extremas de agua, a pesar de que no arrancaron individuos de batamote y jécota, si los doblaron. Así mismo, algunos árboles de mezquite, álamo y nogal silvestre cercanos a los taludes fueron afectados durante los eventos extraordinarios.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio son una contribución al conocimiento, útil para diseñar y elaborar un programa de conservación y restauración de la vegetación ribereña de los Ríos Sonora y Bacanuchi, ya que proporciona información referente a las especies nativas dominantes, así como la afectación y distribución espacial de las comunidades vegetales en buen estado de conservación y de aquellas que presentan un fuerte impacto antropogénico.

Los resultados enfatizan la necesidad de caracterizar a las diferentes comunidades ribereñas actuales, de tal forma que sea factible la identificación de porciones de hábitats ribereños con diversos grados de valor ecológico y posibilite la selección adecuada de especies vegetales. Las especies vegetales para reforestar deben ser seleccionadas de acuerdo a los diferentes hábitats identificados con este estudio y manejarse adecuadamente para lograr una restauración exitosa.

Con relación a la mortandad de especies arbóreas, pocos individuos jóvenes de especies de álamo, sauce,

mezquite y nogal fueron identificados. Lo anterior debe ser considerado para los posibles trabajos de reforestación en el área.

Los resultados de este estudio contribuyen al conocimiento de la vegetación y flora de hábitats ribereños y pueden servir como punto de referencia para futuros trabajos florísticos a realizarse en el río Sonora y otros ríos de la región, en particular sobre la estructura y composición florística de estas comunidades ribereñas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Ricardo David Valdez-Cepeda por la revisión del manuscrito y las sugerencias de cambios, así como, a los revisores anónimos para una mejor versión del manuscrito.

El M.C. Gilberto Solis Garza y el Ing. Horacio Robles López desarrollaron y ejecutaron el proyecto y la escritura del artículo. El Dr. Alejandro Emilio Castellanos Villegas proporcionó retroalimentación al escrito. A los Biólogos Ernesto Laborín, Noé Enríquez y Ramón Barrera por su apoyo durante el trabajo de campo y al Ing. Hiram Robles por su apoyo logístico.

REFERENCIAS

- Arizona Riparian Council. 1995. Fact Sheet No.1. Arizona State University.
- Barbour, M.G., Burke, J.H., and Pitts, W.D. 1980. Terrestrial plant ecology. Benjamin Cummins Publ. Co. Menlo, Park, Ca. 604 p.
- Curtis, J.T and McIntosh, R.P. (1950). The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, 31: 434-455.
- Delgado-Zamora, D.T. 2012. Estudio Florístico de los Hábitats Ribereños del Rancho El Aribabi, Municipio de Imuris, Sonora México. Tesis de Licenciatura. Licenciatura en Biología. Universidad de Sonora.
- Fishbein, M., R.S. Felger y Garza. F. 1995. Another Jewel in the Crown: A Report on the Flora of the Sierra de los Ajos, Sonora, Mexico. En: L.F. DeBano, P.F. Ffolliott, A Ortega-Rubio, G.J. Gottfried, Gerald J., R.H. Hamre y C.B. Edminster (coords.) Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: the Sky Islands of Southwestern United States and Northern Mexico. USDA General Technical Report, RM-GTR-264, Fort Collins, Colorado, pp. 126-134.
- Galaz, O. 2016. Estructura y diversidad de la comunidad de plantas del hábitat ribereño de la parte baja del Río San Miguel, Sonora. Tesis. Licenciatura en Biología. DICTUS – UNISON. Hermosillo, Sonora. México.
- Gentry, H. S. 1942. Rio Mayo Plants: a study of the flora and vegetation of the Valley of the Rio Mayo, Sonora. *Carn. Inst. Wash. Pub.* 527. 328 pp.
- INEGI. 2010. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250,000, Serie IV. Departamento de Uso del Suelo, Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Kearney, Th. H. and Peebles, R. H. 1964. Arizona Flora. University of California Press, Berkeley. 1085 pp.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, Inc. New York. 547 p
- Peet, R. K. 1974. The Measurement of Species Diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* Vol. 5: 285-307.
- Solis, G. and Jenkins, P. 1998. Riparian Vegetation on the Río Santa Cruz, Sonora. *USDA Forest Service Proceeding RMRS-P-5*: 100-118.
- Solis-Garza, G., Medina, A. y Brady. W. 1993. Riparian Plant Vegetation on the Rio de los Ajos, Sonora. *México. Ecológica* 3 (1): 13-22
- Solis-Garza, G., López-Estudillo, R y Brady, W. 2002. Vegetación ribereña en el Río San Pedro, Sonora, México. *BIOTecnia*, volumen IV, número 2, mayo-agosto, 2002.
- Solis-Garza, G., López-Estudillo, R, Briggs, M y Jenkins. 2001. Composición y Abundancia de la Vegetación del Río Santa Cruz, Sonora, México. *BIOTecnia*, Volumen 3, Núm. 3. 2002.
- Trujillo-López, C. 2014. Interacciones bióticas y de nutrientes en el suelo de la vegetación ribereña y mezquital en el Río San Miguel, Sonora. Licenciatura en Biología. DICTUS – UNISON. Hermosillo, Sonora. México.
- Van Devender, Thomas R.; Reina G., Ana L. 2005. The forgotten flora of la Frontera. *Proc. RMRS-P-36*. USDA. Forest Service. Rocky Mountain research Station. 158-161.
- White, S.S. 1948. The Vegetation and Flora of the region of the Rio Bavispe in northeastern Sonora, Mexico. *Lloydia* 11:229-302.