



# Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México

## Structure and floristic composition of a gallery forest in an altitudinal gradient in the northwest of México

Víctor Alfonso Holguín-Estrada<sup>1</sup>, Eduardo Alanís-Rodríguez<sup>\*</sup>, Oscar Aguirre-Calderón<sup>1</sup>,  
José Israel Yerena-Yamalle<sup>1</sup> y Miguel Ángel Pequeño-Ledezma<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

<sup>\*</sup> Autor de correspondencia.  
eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

### RESUMEN

El bosque de galería es un ecosistema muy exuberante que se desarrolla en los márgenes de los cuerpos de agua (arroyos, ríos, lagos, canales, etc.) y forma una franja estrecha de vegetación. Este estudio describe la composición y estructura de comunidades de árboles a lo largo de un gradiente altitudinal en el arroyo Las Tinajas, al noroeste de México, en donde se consideraron tres intervalos de altitud: intervalo 1 (2135 m - 2366 m), intervalo 2 (2005 m - 2093 m) e intervalo 3 (1830 m - 1934 m). Se analizó riqueza específica, abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las especies, índice de Shannon y dendrograma de Bray-Curtis por intervalo altitudinal. Las especies con mayor IVI por intervalo altitudinal fueron: intervalo 1: *Pinus durangensis* (20.4%), *Quercus sideroxyla* (18.6%) y *P. ayacabuite* (14.4%); intervalo 2: *Abies durangensis* (25.7%), *P. ayacabuite* (11.5%), e *Ilex tolucana* (9.9%); e intervalo 3: *Q. crassifolia* (29.1%), *Cupressus lusitanica* (26.4%) y *Alnus oblongifolia* (20.7%). El análisis estadístico (ANOVA) de abundancia, dominancia y riqueza de especies muestra que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los intervalos de altitud, mientras el índice de Shannon no mostró diferencia significativa. La composición florística con base en el modelo de Bray-Curtis obtuvo una similitud menor a 50% para las áreas evaluadas. Este estudio servirá como base de referencia de los cambios que puedan presentarse a futuro en este bosque, la estructura de los diferentes intervalos de altitud fue distinta y en cada uno de ellos existen especies representativas.

PALABRAS CLAVE: abundancia, diversidad, índice de valor de importancia, riqueza de especies.

### ABSTRACT

The gallery forest is a very lush ecosystem that develops on the margins of water bodies (streams, rivers, lakes, canals, etc.) and forms a narrow strip of vegetation. This study describes the composition and partial structure of tree communities along an altitude gradient in the Las Tinajas stream, northwest of México, where three altitude ranges were considered: One (2135 m - 2366 m a.s.l.), Two (2005 m - 2093 m a.s.l.) and Three (1830 m - 1934 m a.s.l.); The specific composition, abundance, dominance, frequency, and importance value index (IVI) of the species by altitude range is analyzed. The species with the highest IVI by altitude range were: 1) *Pinus durangensis* (20.4%), *Quercus sideroxyla* (18.6%) and *P. ayacabuite* (14.4%). 2) *Abies durangensis* (25.7%), *P. ayacabuite* (11.5%), and *Ilex tolucana* (9.9%). 3) *Q. crassifolia* (29.1%), *Cupressus lusitanica* (26.4%) and *Alnus oblongifolia* (20.7%). Statistical analysis (ANOVA) of the abundance, dominance and richness of species shows that there are significant differences ( $p < 0.05$ ) between the altitude ranges, though not significant difference was made for the Shannon index. Comparison of floristic composition based on the Bray-Curtis model achieved a similarity of less than 50% for the areas evaluated. This study will serve as a baseline of the changes that may occur in this forest in the future, the structure of the different altitude ranges was different and in each of them there are representative species.

KEYWORDS: abundance, diversity, importance value index, species richness.

## INTRODUCCIÓN

El bosque de galería es un ecosistema muy exuberante que se diferencia de su entorno, ya que se desarrolla en los márgenes de los cuerpos de agua (arroyos, ríos, lagos, canales, etc.) y forma una franja estrecha de vegetación que cumple en muchas ocasiones la función de corredor biológico, el cual permite la comunicación entre comunidades aisladas (Alanís, 1996; Sánchez, 2006). El término “bosque de galería” designa la región de transición y de interacciones entre los medios terrestre y acuático. Esta zona se caracteriza por una flora y fauna cuya composición está fuertemente determinada por la intensidad luminosa, el contenido en agua y la granulometría del suelo (Granados-Sánchez, Hernández-García y López-Ríos, 2006). Desde el punto de vista fisonómico y estructural, los bosques de galería se presentan como un conjunto de árboles muy heterogéneo con alturas de 4 m a 40 m, que en pocas ocasiones forman masas de una sola especie; por lo general existe alternancia de especies que, como lo señala Sánchez Silva (1986), pueden cambiar en corta distancia o bien presentarse en combinaciones de asociaciones vegetales. En relación con su cobertura, aunque en ocasiones forman una gran espesura, a menudo están constituidos por árboles espaciados e irregularmente distribuidos (Rzedowski, 2006).

Este tipo de vegetación provee importantes servicios ambientales que benefician a la sociedad de manera directa o indirecta (Timoney, Peterson y Wein, 1997); también facilita actividades de recreación y ocio (Pets, 2018). Ser el hábitat de la fauna silvestre, servir de banco genético de flora y fauna y actuar como un importante filtro que impide el flujo de agroquímicos y productos inorgánicos utilizados en la agricultura al río, evitando la erosión del suelo e inundaciones porque funciona como una barrera protectora natural, son algunos de los servicios ambientales que presta el bosque de galería (Kocher y Harris, 2007).

Al ser una comunidad vegetal muy dinámica, los gradientes ambientales tienen efectos en sus propiedades estructurales y funcionales (Nilsson y Svedmark, 2002); uno de estos es el altitudinal, que se presenta en muchos ríos y

se asocia con diferencias en las variables climáticas y con las características de la vegetación ribereña. Por lo anterior, los cambios ambientales que ocurren a lo largo de estos gradientes son considerados determinantes en la composición y estructura de la vegetación (Sánchez-González, López-Mata y Granados-Sánchez, 2005; Richter, 2008; Rascón-Ayala, Alanís-Rodríguez, Mora-Olivo, Buendía-Rodríguez, Sánchez-Castillo y Silva-García, 2018). Esta estructura, por su alta fragilidad, es uno de los aspectos más relevantes en el ámbito forestal, lo que repercute en una fácil modificación. Usualmente, está referida a la forma en que los atributos de los árboles se distribuyen en los ecosistemas (Bettinger, Boston, Siry y Grebner, 2008; Gadow *et al.*, 2012). Su importancia biológica es su autoorganización, en la cual se involucran la regeneración, el crecimiento y la mortalidad de los árboles; así como una variedad de interacciones entre individuos que, a su vez, afecta las propiedades del ecosistema (Carvalho, 2011; Gadow *et al.*, 2012).

Por lo anterior, se requiere de estudios sobre la estructura de la vegetación arbórea asociada a gradientes de altitud, para entender la dinámica de las comunidades vegetales. De esta manera, el desarrollo de esta investigación realizada en México es relevante, considerando que los estudios enfocados a este tipo de vegetación en el país son escasos en comparación con los resultados publicados en otros países. De un total aproximado de 6050 publicaciones relacionadas con los bosques ribereños a escala mundial, entre 1981-2014, México ocupa el penúltimo lugar de los 20 países más productivos (1.06% del total), estos trabajos se han enfocado en los procesos dinámicos de los bosques ribereños y en la influencia de las actividades humanas, así como en la predicción de la respuesta futura de estos al cambio climático (Ding y Zhao, 2016).

## OBJETIVOS

Describir la estructura, riqueza, diversidad y composición florística de la vegetación ribereña a lo largo de un gradiente altitudinal comprendido entre 1830 m s.n.m. y 2366 m



s.n.m., en el arroyo Las Tinajas, Chihuahua, al Noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio corresponde al arroyo Las Tinajas, que se encuentra en la región suroeste del estado de Chihuahua en lo que se conoce como Alta Sierra Tarahumara, dentro del Ejido Guachochi, perteneciente al municipio Guachochi. La corriente superficial del arroyo fue clasificada como intermitente según el portal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2020). Las coordenadas extremas superior son 295107.94 E, 2965024 N e inferior 296108 E, 2960697 N (Fig. 1). Se caracteriza por tener un clima templado con temperaturas medias

anuales de alrededor de 15 °C y precipitaciones medias entre 500 mm y 1000 mm anuales (García *et al.*, 2009).

Los tres intervalos altitudinales presentaron características similares de suelo tipo Litosol, con textura media, presentan un escurrimiento medio anual de 50 mm a 100 mm, una precipitación media anual de 600 mm a 800 mm y la temperatura media anual (15 °C) es la correspondiente a clima templado (Portal de Geoinformación, 2020).

### Análisis muestral

De acuerdo con un recorrido preliminar en campo en el año 2018 y el análisis de imágenes satelitales obtenidas con Google Earth pro en el año 2019, se determinó que las comunidades vegetales presentaban heterogeneidad de acuerdo con la composición de la vegetación en el área de estudio.

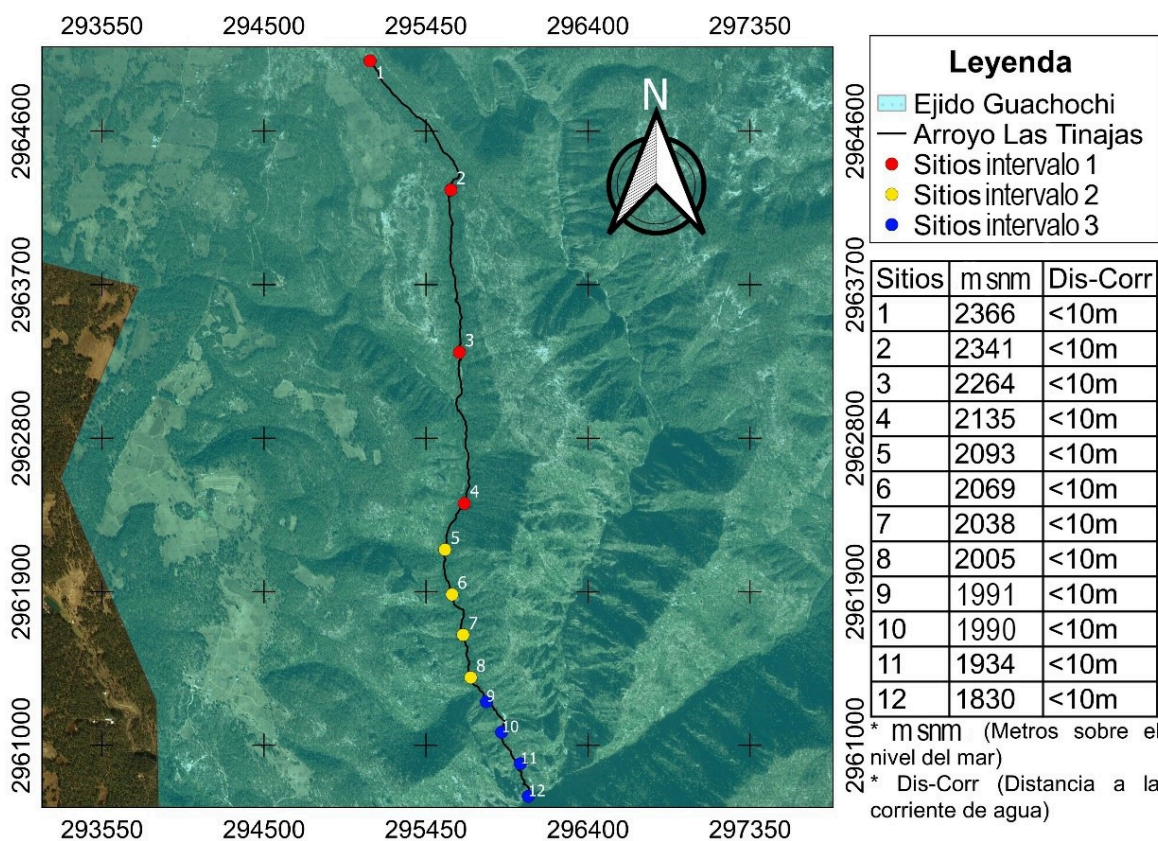


FIGURA 1. Localización de los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

Debido a la heterogeneidad se realizó un muestreo sistemático estratificado, el cual se estableció de acuerdo con la homogeneidad de la vegetación de la parte alta, media y baja del área de estudio en la cual se observaron especies clave que permitieron establecer 3 intervalos de altitud. En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Después de la separación y de acuerdo con el intervalo altitudinal, en cada subgrupo se realizó un muestreo sistemático. Los subgrupos fueron denominados intervalo 1, intervalo 2 e intervalo 3. El 1 presenta un intervalo altitudinal de 2135 m a 2366 m, el 2 de 2005 m a 2093 m y el 3 de 1830 m a 1934 m.

En cada intervalo altitudinal se establecieron cuatro sitios de muestreo, obteniendo 12 en total. Los sitios fueron rectángulos de 500 m<sup>2</sup> (20 m × 25 m) para evaluar las especies arbóreas con diámetro normal a la altura de 1.30 m ( $d_{1.30}$ ) > 7.5 cm. Dentro de ellos se estableció un sitio de 100 m<sup>2</sup> (5 m × 20 m) para evaluar la regeneración, con ( $d_{1.30}$ ) < 7.5 cm y altura total ( $h$ ) > 25 cm). En cada sitio de muestreo se registró la altitud sobre el nivel del mar y se identificaron las especies vegetales que fueron corroboradas en la plataforma de Trópicos (2020) y se les midió el diámetro normal mayor a 7.5 cm con una forcípula Haglöf Mantax Blue® de 1270 mm y la altura total con un hipsómetro Suunto PM-5.

### Análisis de datos

La estructura de la vegetación a lo largo del gradiente altitudinal se analizó con base en los valores relativos de densidad, área basal y frecuencia. Los valores relativos de los atributos estructurales se combinaron en el índice de valor de importancia relativa (IVI o VIR) (Mostacedo y Fredericksen, 2000; McCarthy, 2004).

$$IVI = (Ar + Dr + Fr)/3$$

Donde:

$Ar$  = abundancia relativa

$Dr$  = dominancia relativa

$Fr$  = frecuencia relativa

La abundancia relativa se obtuvo mediante la fórmula:

$$Ar = \left(\frac{n_i}{N}\right) * 100$$

Donde:

$Ar$  = abundancia relativa de la especie  $i$  con respecto a la abundancia total

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

La dominancia relativa se obtuvo mediante las fórmulas:

$$Dr = \left(\frac{g_i}{G}\right) * 100$$

$$G = \sum_{i=1}^N g_i$$

Donde:

$Dr$  = dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total

$g_i$  = área basal de la especie  $i$

$G$  = área basal total

La frecuencia relativa se obtuvo mediante la fórmula:

$$Fr = (m_i/M) \times 100$$

Donde:

$Fr$  = frecuencia relativa de la especie  $i$  con respecto a la frecuencia total

$m_i$  = frecuencia de la especie  $i$  en los sitios de muestreo

$M$  = número total de sitios de muestreo

Moreno y Halffter (2001) mencionan que la mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Uno de los índices más populares para evaluar las comunidades vegetales basado en la cuantificación del número de especies, o riqueza, presentes, es el índice de



Margalef. El índice de riqueza de Margalef se estimó con la siguiente ecuación (Margalef, 1972):

$$D = (S - 1) / \ln N$$

Donde:

$D$  = índice de Margalef

$S$  = número de especies.

$N$  = número total de individuos

Un índice de uso común basado en la estructura de la comunidad; es decir, en la distribución proporcional del valor de cada especie es el índice de Shannon (Alanís, Jiménez, Canizales, González y Mora-Olivo, 2015). Para estimar la diversidad alfa, se utilizó dicho índice (Shannon, 1948; Huerta y Guerrero, 2004), mediante la siguiente fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

Donde:

$H'$  = índice de Shannon

$S$  = número de especies presentes

$\ln$  = logaritmo natural

$p_i$  = proporción de las especies.  $p_i = n_i / N$

Donde:

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

El esfuerzo de muestreo fue evaluado con curvas de acumulación de especies basadas en el número de especies por sitio de muestreo. La riqueza esperada fue generada con estimadores no paramétricos de Chao con 10 000 aleatorizaciones sin remplazo, utilizando EstimateS 9.1 (Colwell, 2006).

Después de verificar que se cumplieran los supuestos estadísticos de normalidad con base en la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas (prueba de

Levene), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía ( $p < 0.05$ ) para determinar diferencias significativas respecto a abundancia, dominancia, riqueza de especies, índice de diversidad de Shannon, índice de Margalef, riqueza de géneros y riqueza de familias. Para la comparación de medias se empleó la prueba post hoc de Tukey's HSD ( $p < 0.05$ ). Las pruebas se realizaron utilizando IBM SPSS Statistic versión 25 (Zar, 2010).

Para evaluar la similitud florística se generó un modelo de ordenación de Bray-Curtis, el cual es una representación gráfica de la variación de la composición vegetal. El análisis se basa en un algoritmo que permite analizar la similitud de las muestras mediante el cálculo del porcentaje de similitud (0% - 100%) en una medida de distancia (Beals, 1984). Este método de análisis multivariado fitosociológico ha sido utilizado en diversos estudios ecológicos (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2018; Rascón-Ayala *et al.*, 2018). El análisis se desarrolló con el programa BioDiversity Pro 5.0 (Ludwing, 1988).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante las curvas de acumulación de especies y los modelos utilizados, se observó que el esfuerzo de muestreo realizado consiguió en promedio una representatividad de 74.79% de la riqueza específica de especies para el intervalo 1, 86.16% para el intervalo 2 y 88.48% para el intervalo 3; con base a los estimadores Chao1, ACE, Chao2, Jackknife1 y Bootstrap (Fig. 2).

### Composición florística

En el intervalo 1 se registraron cinco familias que comprenden a cinco géneros, 15 especies y 128 individuos; para el intervalo 2, seis familias, ocho géneros, 15 especies y 101 individuos; para el intervalo 3, cinco familias, cinco géneros, siete especies y 50 individuos. En total, se registraron 279 individuos de árboles y se identificaron 18 especies pertenecientes a ocho géneros y seis familias (Tabla 1).

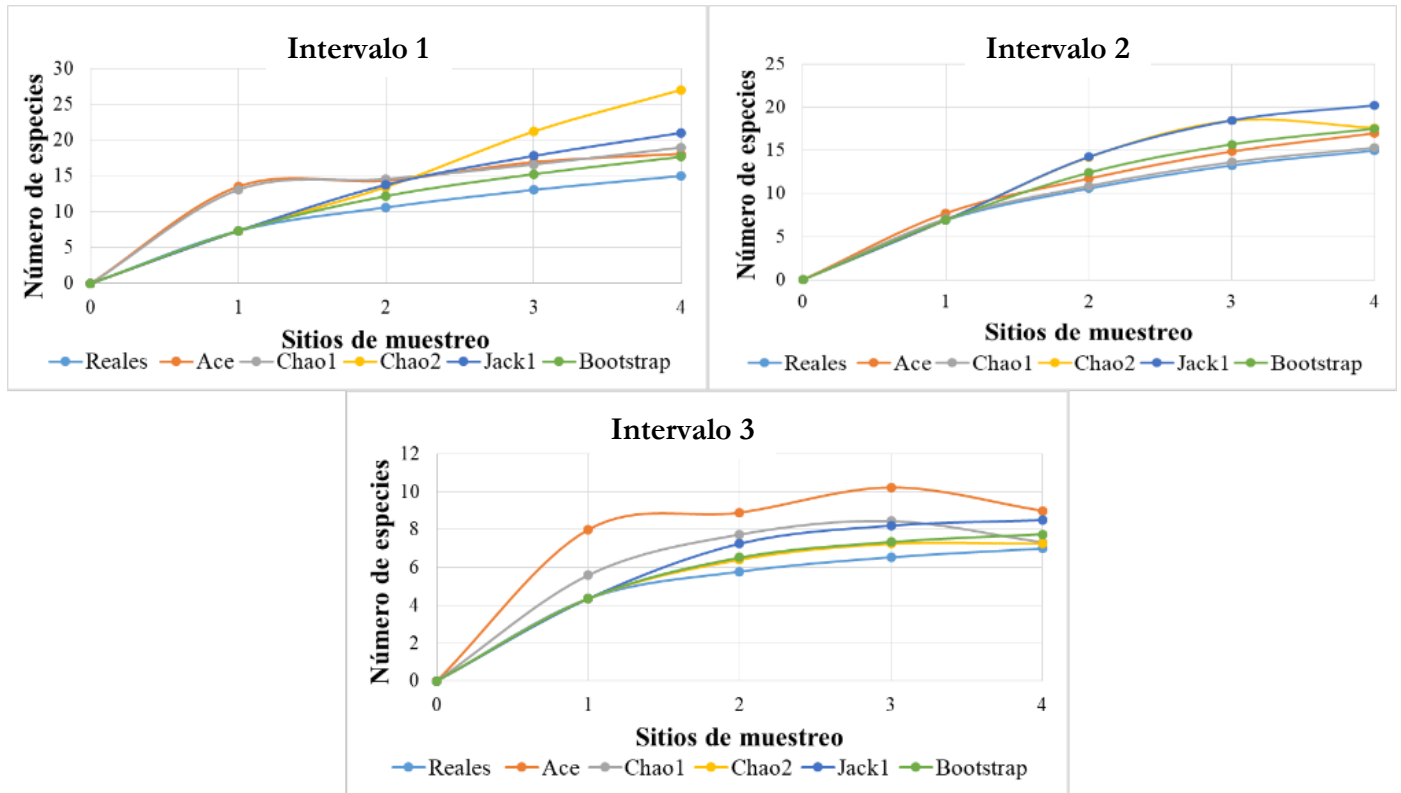


FIGURA 2. Curvas de acumulación de especies para tres intervalos altitudinales correspondientes a los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

TABLA 1. Riqueza florística y número de individuos registrados en tres intervalos altitudinales correspondientes a los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

Variable	Intervalo altitudinal (m s.n.m.)		
	Intervalo 1 (2135 - 2366)	Intervalo 2 (2005 - 2093)	Intervalo 3 (1830 - 1934)
Número de especies	15	15	7
Número de géneros	5	8	5
Número de familias	5	6	5
Densidad (individuos en 2000 m <sup>2</sup> )	128	101	50

En general se registraron seis familias de árboles en toda el área de estudio. Pinaceae tiene el máximo de especies (siete), seguido de Fagaceae con cinco; Cupressaceae y Aquifolaceae tuvieron dos especies cada una, Betulaceae y Ericaceae tuvieron únicamente una especie cada una.

Sobre la densidad, Pinaceae contribuyó con 42.65% seguida de Fagaceae (32.62%), Cupressaceae (9.32%), Aquifolaceae (9.32%), Betulaceae (4.30%) y Ericaceae con 1.79% (Tabla 2).



TABLA 2. Familias de mayor relevancia con base al número de especies, géneros e individuos en tres intervalos altitudinales correspondientes a los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

Familia	Especies	Géneros	Individuos
Pinaceae	7	2	119
Fagaceae	5	1	91
Cupressaceae	2	2	26
Aquifolaceae	2	1	26
Betulaceae	1	1	12
Ericaceae	1	1	5
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>279</b>

En la Sierra Madre Occidental no se han desarrollado estudios que evalúen la vegetación colindante a ríos y arroyos, pero los que se han realizado en comunidades boscosas señalan que las familias Pinaceae y Fagaceae son las más abundantes (De León, García Andrade y Ruiz (2013), García-Arévalo (2008), Valenzuela Nuñez y Granados Sánchez (2009), Aragón-Piña, Garza-Herrera, González-Elizondo y Luna-Vega (2010). Sánchez (2008) y González-Elizondo, González-Elizondo, Tena-Flores, Ruacho-González y López-Enríquez (2012) indican que la alta abundancia de estas familias se debe a que en México se distribuyen 46% de las especies de pinos y 34% de los encinos del mundo.

El número de especies arbóreas registradas en este estudio fue similar a lo citado por varios autores que han estudiado bosques templados de *Abies* sp., que fluctuó entre 5 y 13 especies (Encina-Domínguez, Encina-Domínguez, Mata-Rocha y Valdes-Reyna, 2008; García-Aranda, Estrada-Castillon, Cantú-Ayala y Pando-Moreno, 2012; Ávila-Flores et al., 2012; Guerrero-Hernández, González-Gallegos y Castro-Castro, 2014).

## Estructura horizontal

### Abundancia

Las especies más abundantes en el intervalo 1 fueron *Quercus sideroxylla* (27.3%) y *Pinus durangensis* (19.5%), y las menos abundantes *P. leiophylla* (0.8%) y *P. lumboltzii* (0.8%). En el intervalo 2 se presentó *Abies durangensis* (25.7%) como la más abundante, seguida de *P. ayacahuite* (10.9%) e *Ilex tolucana* (9.9%), y las menos abundantes fueron *Quercus rugosa* (1%) y *Arbutus xalapensis* (1%). En el intervalo 3 *Quercus crassifolia* (44%) fue la más abundante, seguida por *Cupressus lusitanica* (24%) y *Alnus oblongifolia* (20%) y las menos abundantes *Ilex tolucana* y *Pinus engelmannii* ambas con (2%) (Tabla 3). Para este estudio se presenta una densidad de muestra total superior en abundancia para *Pinus*. Esto concuerda con lo observado por Hernández-Salas *et al.* (2013), quienes mencionan que *Pinus* es el género más abundante en el Ejido el Largo, en Chihuahua, a una altitud de 2100 m s.n.m.

### Clases diamétricas

La distribución de los diámetros (Fig. 3) para los intervalos 1 y 2 tiene una distribución con asimetría hacia la izquierda, presentando una estructura de J invertida, con la mayor cantidad de individuos en las categorías diamétricas inferiores (arbolado de regeneración de 2.5 cm a 7.49 cm de diámetro, en el gráfico se presenta el valor promedio de 5 cm), otros estudios con resultados similares se han realizado en bosques manejados de acuerdo con una selección individual (Ramírez, 2006; García, Narváez, Olivas y Hernández, 2019). Además, Gadow, Sánchez-Orios y Álvarez-González (2007) explican que la mayoría de los bosques naturales del mundo no se constituyen por árboles de una misma clase de edad, además de que su distribución y tamaño no es uniforme. Por otro lado, el intervalo 3 presentó una distribución más homogénea, esta diferenciación entre la composición de clases diamétricas se puede ver reflejada a su vez en la figura 3, donde se muestra que existen diferencias significativas entre el intervalo 3 y los intervalos 1 y 2 en abundancia.

Tabla 3. Abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia (IVI) de las especies en los tres intervalos altitudinales correspondientes a los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

Especies	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Abs	Rel %	Abs	Rel %	Abs	Rel %	Rel %
Intervalo 1							
<i>Pinus durangensis</i>	125	19.5	8.3	28.2	4	13.3	20.4
<i>Quercus sideroxyla</i>	175	27.3	4.4	15.1	4	13.3	18.6
<i>Pinus ayacahuite</i>	90	14.1	5.6	19.0	3	10.0	14.4
<i>Pinus arizonica</i>	85	13.3	3.0	10.3	1	3.3	9.0
<i>Juniperus deppeana</i>	35	5.5	0.4	1.4	4	13.3	6.7
<i>Quercus hypoleucooides</i>	20	3.1	3.6	12.2	1	3.3	6.2
<i>Quercus crassifolia</i>	15	2.3	0.6	2.2	3	10.0	4.8
<i>Arbutus xalepensis</i>	20	3.1	1.1	3.7	2	6.7	4.5
<i>Ilex rubra</i>	35	5.5	0.5	1.5	1	3.3	3.4
<i>Ilex toluhana</i>	10	1.6	0.2	0.7	2	6.7	3.0
<i>Quercus oblongifolia</i>	10	1.6	0.6	2.0	1	3.3	2.3
<i>Pinus lumholtzii</i>	5	0.8	0.6	1.9	1	3.3	2.0
<i>Pinus engelmannii</i>	5	0.8	0.4	1.5	1	3.3	1.9
<i>Pinus leiophylla</i>	5	0.8	0.0	0.1	1	3.3	1.4
<i>Quercus rugosa</i>	5	0.8	0.0	0.1	1	3.3	1.4
Total	640	100	29.4	100	30	100	100
Intervalo 2							
<i>Abies durangensis</i>	130	25.7	14.2	37.0	4	14.3	25.7
<i>Pinus ayacahuite</i>	55	10.9	5.0	13.0	3	10.7	11.5
<i>Ilex toluhana</i>	50	9.9	2.1	5.5	4	14.3	9.9
<i>Quercus crassifolia</i>	40	7.9	4.7	12.2	1	3.6	7.9
<i>Pinus engelmannii</i>	30	5.9	3.2	8.3	2	7.1	7.1
<i>Pinus durangensis</i>	40	7.9	2.2	5.7	2	7.1	6.9
<i>Quercus hypoleucooides</i>	25	5.0	1.9	5.0	2	7.1	5.7
<i>Cupressus lusitanica</i>	25	5.0	1.5	3.8	2	7.1	5.3
<i>Ilex rubra</i>	30	5.9	0.6	1.4	2	7.1	4.8
<i>Quercus sideroxyla</i>	25	5.0	1.1	3.0	1	3.6	3.8
<i>Quercus oblongifolia</i>	25	5.0	0.6	1.5	1	3.6	3.3
<i>Alnus oblongifolia</i>	10	2.0	1.0	2.6	1	3.6	2.7
<i>Juniperus deppeana</i>	10	2.0	0.1	0.4	1	3.6	2.0
<i>Arbutus xalepensis</i>	5	1.0	0.2	0.4	1	3.6	1.7
<i>Quercus rugosa</i>	5	1.0	0.1	0.3	1	3.6	1.6
Total	505	100	38.3	100	28	100	100
Intervalo 3							
<i>Quercus crassifolia</i>	110	44	3.4	19.8	4	23.5	29.1
<i>Cupressus lusitanica</i>	60	24	6.4	37.5	3	17.6	26.4
<i>Alnus oblongifolia</i>	50	20	3.2	18.6	4	23.5	20.7
<i>Pinus durangensis</i>	10	4	2.7	15.9	2	11.8	10.5
<i>Pinus ayacahuite</i>	10	4	1.3	7.5	2	11.8	7.8
<i>Ilex toluhana</i>	5	2	0.1	0.4	1	5.9	2.8
<i>Pinus engelmannii</i>	5	2	0.1	0.3	1	5.9	2.7
Total	250	100	17.0	100	17	100	100

\* Abs: Absoluta, Rel: Relativa, Abundancia: (N° Árboles por hectárea), Dominancia: (Área basal por hectárea) y Frecuencia: (N° Sitios en los que estuvo presente la especie). Las especies están ordenadas de acuerdo con su IVI.



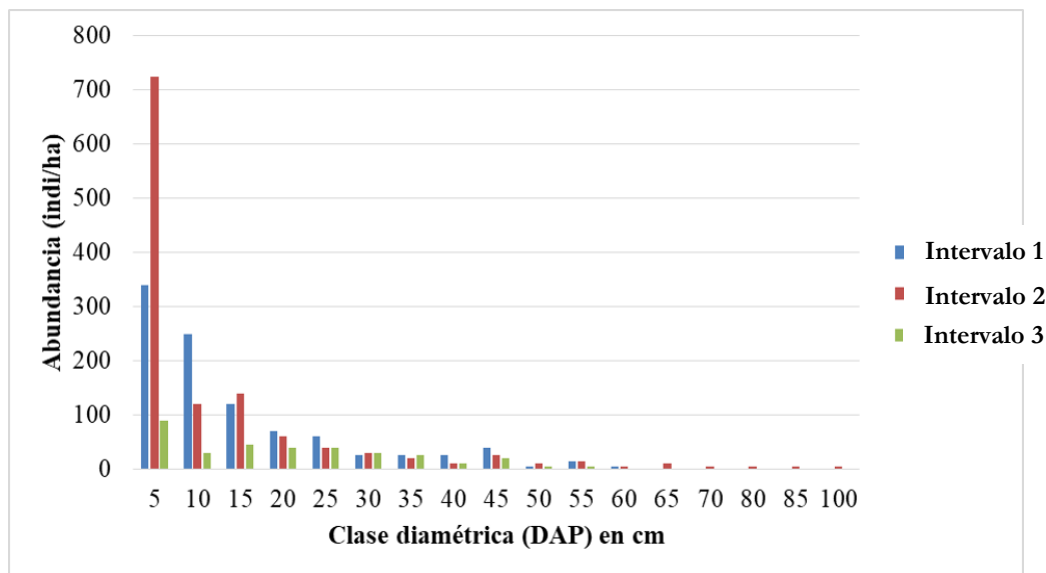


FIGURA 3. Distribución de clases diamétricas en tres intervalos altitudinales correspondientes a los sitios de muestreo en el arroyo Las Tinajas, ejido Guachochi, municipio Guachochi, Chihuahua, México.

### Dominancia

Para el intervalo 1, *Pinus durangensis* es la especie que presenta la mayor dominancia (28.2%) de área basal por hectárea, mientras que *Quercus sideroxylla* que fue la especie más abundante solo presenta 15.1% de dominancia, lo cual indica que *P. durangensis* se conforma por individuos de mayor categoría diamétrica. El intervalo 2 está dominado por *Abies durangensis* (37%), seguida por *P. ayacahuite* (13%) y *Q. crassifolia* (12.2%). En el intervalo 3 *Cupressus lusitanica* es la especie con mayor dominio con un 37.5%, luego *Q. crassifolia* con 19.8% y *Alnus oblongifolia* con 18.6%. El valor máximo de área basal por hectárea se presentó en el intervalo 2 con 38 m<sup>2</sup>/ha, valor similar a lo documentado por Santiago-Pérez, Ayón Escobedo, Rosas-Espinoza, Rodríguez Zaragoza y Toledo González (2014) quienes hallaron valores máximos de 37 m<sup>2</sup>/ha y 39.2 m<sup>2</sup>/ha en un bosque templado de galería en la Sierra de Quila, Jalisco y un valor inferior al registrado en un estudio realizado en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca donde se obtuvo un valor máximo de 57.6 m<sup>2</sup>/ha en un bosque mixto de *Pinus* (Zacarías, 2009).

### Frecuencia

En el intervalo 1 las especies con más frecuencia (13.3%) para cada una, fueron *Pinus durangensis*, *Quercus sideroxylla* y *Juniperus deppeana*, ya que estuvieron presentes en todos los sitios de muestreo pertenecientes al intervalo altitudinal. En el intervalo 2, las especies más frecuentes fueron *Abies durangensis* e *Ilex toluhana* con 14.3% cada una y en el intervalo 3, *Alnus oblongifolia* y *Q. crassifolia* fueron las más frecuentes con 23.5% cada una. Ninguna especie tiene distribución amplia, al no encontrarse en todos los sitios de muestreo; sin embargo, las especies con mayor frecuencia indican que son las más adaptadas a las condiciones que se presentan en el lugar. El intervalo 1 presenta una distribución más amplia de *Pinus* y *Quercus*, la cual puede ser consecuencia del aprovechamiento forestal, que favorece a las especies comerciales de mayor valor económico de acuerdo con la Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT] (2015), esto puede atribuirse a la cercanía de distintas comunidades en la zona y por ende queda más expuesto a aprovechamiento.

### Índice de valor de importancia (IVI)

Las especies que presentaron mayor IVI en el intervalo 1 fueron: *Pinus durangensis* (20.4%), *Quercus sideroxyla* (18.6%) y *P. ayacahuite* (14.4%). En el intervalo 2: *Abies durangensis* (25.7%), *Pinus ayacahuite* (11.5%) e *Ilex tolucana* con 9.9% respectivamente. En el intervalo 3: *Q. crassifolia* (29.1%), *Cupressus lusitanica* (26.4%) y *Alnus oblongifolia* (20.7%). En ninguno de los tres intervalos de altitud se presentó un IVI por género mayor a 80%, lo que indica que no existen especies totalmente dominantes a diferencia de lo observado por Alanís-Rodríguez, Jiménez-Pérez, Valdecantos-Dema, Pando-Moreno, Aguirre-Calderón y Treviño-Garza. (2011), Hernández-Salas *et al.* (2013) y Vázquez (2013), quienes encontraron valores superiores a 80% para *Pinus* y menores de 50% para *Quercus* en bosques templados. Por otra parte, en el intervalo 2, la especie con mayor IVI fue *Abies durangensis* (25.7%) y el porcentaje de importancia coincide con el observado por Cuevas-Guzmán *et al.* (2011), quien menciona un valor de importancia para el género *Abies* de 24.7% a 29%. Es importante mencionar que la especie *A. durangensis* es una especie registrada por la International Union for Conservation of Nature [IUCN] (2013) como una especie de menor preocupación, pero con tendencia decreciente de sus poblaciones. En este estudio se observó en todo el intervalo 2 siendo la especie más importante en este; por otra parte, en el intervalo 3 se presentó *C. lusitanica* como la segunda especie de mayor importancia, la cual se encuentra registrada por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2010) como una especie bajo protección especial y por la IUCN (2013) como especie de menor preocupación.

### Diversidad Alfa

Los índices de diversidad se calculan para comparar la diversidad y abundancia de especies en diferentes condiciones a una escala similar; cuanto mayor es su número, más alta será su riqueza y diversidad. La riqueza de especies del índice de Margalef presentó para el intervalo 1, 3.10; para el intervalo 2, 3.30 y para el intervalo 3, 1.53.

Estos valores se pueden considerar de media diversidad, ya que los inferiores a 2.00 son considerados como baja diversidad y los superiores a 5.00 se consideran como indicativos de alta diversidad (Margalef, 1972). Estos resultados son superiores a los registrados en bosques templados por Alanís-Rodríguez *et al.* (2012); Graciano-Ávila, Aguirre-Calderón, Alanís-Rodríguez y Luján-Soto (2017) y López, Aguirre, Alanís, Monrreaez, González y Jiménez (2017).

El índice de Shannon-Wiener tuvo valores promedio de 1.56 para el intervalo 1, 1.75 para el 2 y 1.19 para el 3. Esta diversidad se considera baja al obtener resultados inferiores a 2.00 y corresponde a valores similares presentados por algunos autores para bosques templados (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2008; Graciano-Ávila *et al.*, 2017), asimismo están por encima de los obtenidos por Aguilar (2018) en un bosque de galería quien obtuvo 0.54 y son menores a los publicados por Santiago-Pérez *et al.* (2014) quienes calcularon un índice de 1.8 a 2.6 para el bosque de galería de la Sierra de Quila, Jalisco.

En este estudio, los valores del índice de Shannon-Weaver y el índice de Margalef no presentaron una tendencia creciente o decreciente a medida que aumentaba el intervalo altitudinal. En este contexto los resultados son diferentes a los de diversos autores que informan que la riqueza y diversidad de especies disminuye a medida que aumenta el intervalo altitudinal (Vetaas y Grytnes, 2002; Gould, González y Carrero Rivera, 2006).

### Similitud florística

La composición florística en los tres intervalos altitudinales está representada por 18 especies de las cuales solo se comparten cinco (*Pinus ayacahuite*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *Quercus crassifolia* e *Ilex tolucana*). El intervalo 1 comparte 12 especies con el 2, y tan solo cinco con el 3; el intervalo 2 comparte siete especies con el 3. Cabe señalar que dentro de estos intervalos se encuentran especies que no son compartidas con otro intervalo altitudinal como *Abies durangensis*, *P. arizonica*, *P. leiophylla* y *P. lumboltzii*.



De acuerdo con el dendrograma de ordenación de Bray-Curtis (Fig. 4), se aprecia que los intervalos altitudinales evaluados presentan una baja similitud, por debajo de 50%. Los intervalos con mayor similitud fueron el 1 y 2, con 40% de similitud, y el intervalo 3 con 28% respecto al grupo anterior. Estos resultados son similares a los de González-Cubas, Treviño Garza, González Tagle, Duque Montoya y Gómez Cárdenas (2018), quienes encontraron una similitud florística en promedio de 44% en un bosque de *Abies vejari*.

Las variables abundancia ( $gl = 11$ ;  $F = 9.445$ ;  $p = 0.006$ ), dominancia ( $gl = 11$ ;  $F = 4.844$ ;  $p = 0.037$ ) y riqueza de especies ( $gl = 11$ ;  $F = 7.000$ ;  $p = 0.015$ ) presentaron diferencia significativa en al menos un intervalo altitudinal (Fig. 5). El índice de Shannon ( $gl = 11$ ;  $F = 3.892$ ;  $p = 0.061$ ), índice de Margalef ( $gl = 11$ ;  $F = 0.76$ ;  $p = 0.496$ ), riqueza de géneros ( $gl = 11$ ;  $F = 0.07$ ;  $p = 0.937$ ) y la riqueza de familias ( $gl = 11$ ;  $F = 1.24$ ;  $p = 0.336$ ) no presentaron diferencia significativa en los intervalos altitudinales (Fig. 6).

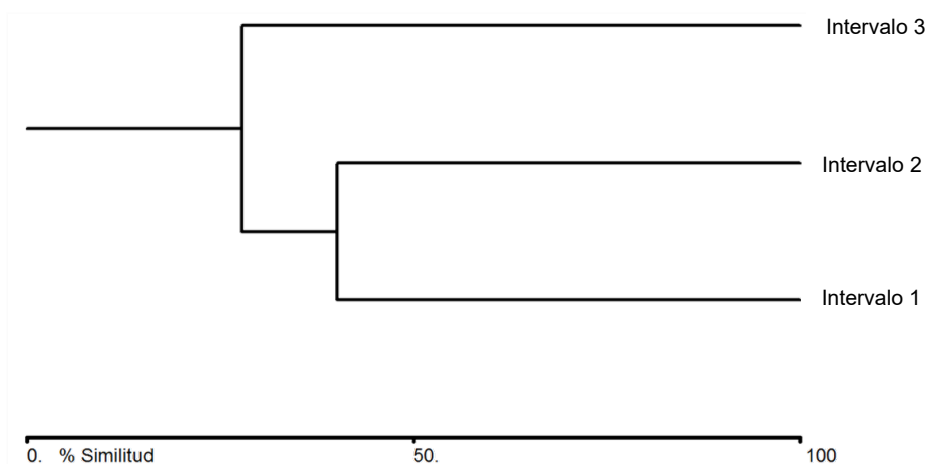


FIGURA 4. Dendrograma de ordenación Bray-Curtis de los intervalos de altitud.

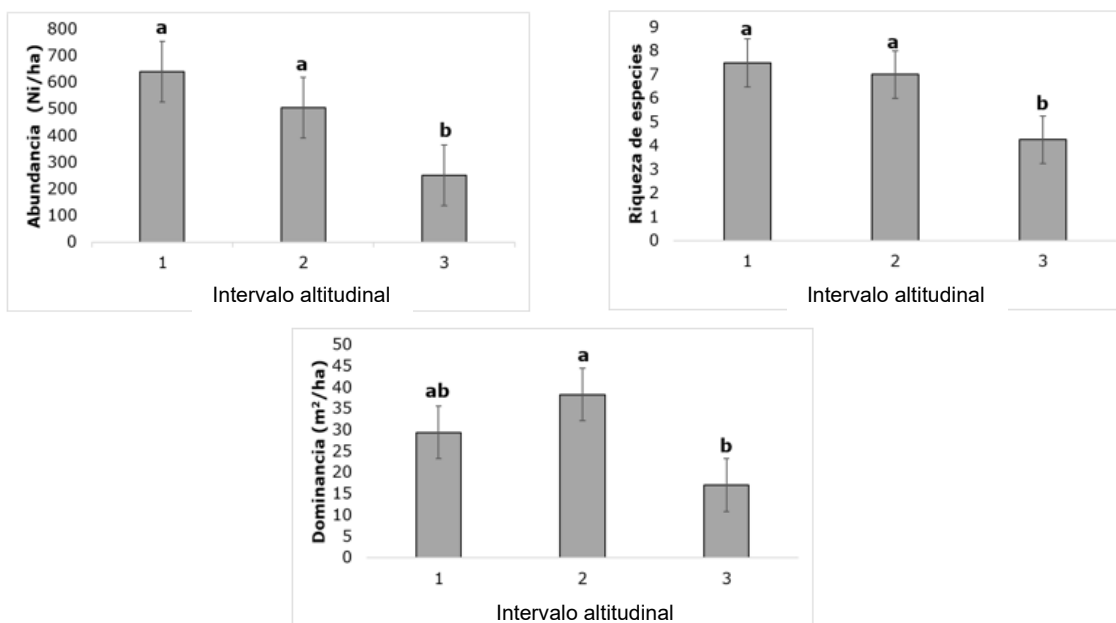


FIGURA 5. Medias y error típico de A) abundancia, B) riqueza y C) dominancia de especies. Las medias seguidas de diferentes letras (a y b) indican diferentes niveles de significancia para  $p < 0.05$ .

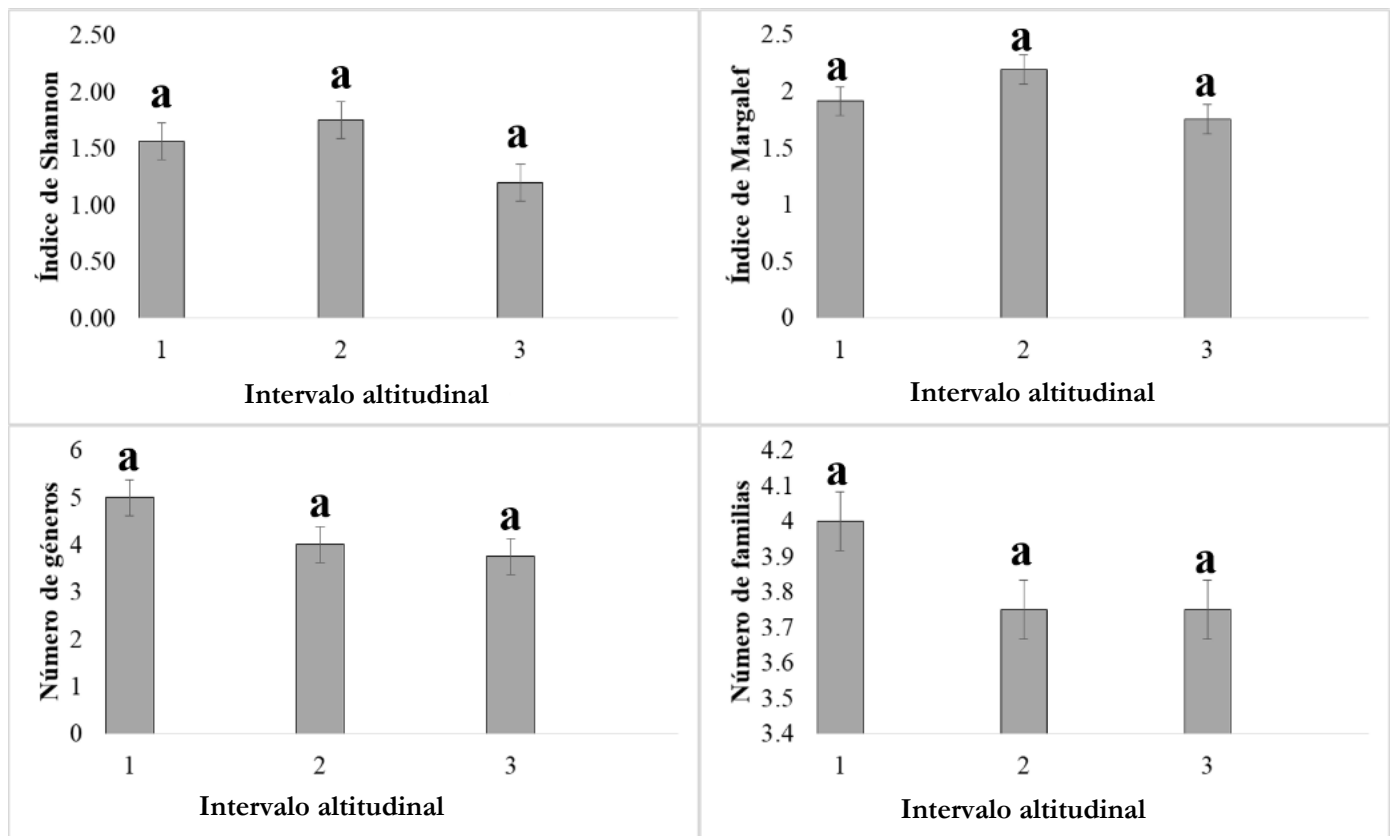


FIGURA 6. Medias y error típico de A) índice de Shannon, B) índice de Margalef, C) número de géneros y D) número de familias. Las medias seguidas de diferentes letras (a y b) indican diferentes niveles de significancia para  $p < 0.05$ .

En la comparación de medias (Fig. 5), para los intervalos de altitud, se obtuvo que la abundancia presentó tendencia de disminución en el número de individuos por hectárea conforme al descenso del nivel altitudinal, presentando diferencia significativa únicamente el intervalo 3 ( $p < 0.05$ ) comparado con el 1 ( $p = 0.005$ ) y con el 2 ( $p = 0.50$ ); se presentó la misma tendencia para la riqueza de especies obteniendo en la comparación intervalo 1-3 ( $p = 0.17$ ) y intervalo 2-3 ( $p = 0.040$ ). La variable de dominancia no presentó alguna tendencia de aumento o disminución conforme al nivel altitudinal. El intervalo 2 presentó el mayor valor de área basal ( $38.3 \text{ m}^2$  por hectárea); en este indicador, la diferencia significativa se presentó en el intervalo 2 en comparación con el 3 ( $p = 0.031$ ).

## CONCLUSIONES

La estructura de la vegetación arbórea del bosque de galería estudiado indicó que para los tres intervalos de altitud existe una composición de especies diferentes y en cada uno de ellos existen especies representativas. Las variables abundancia, dominancia y riqueza de especies presentaron diferencia significativa en al menos un intervalo altitudinal, pero no mostraron una tendencia creciente o decreciente conforme aumentaba el intervalo altitudinal. Esto indica que el gradiente altitudinal si tienen un efecto en la composición de especies y estructura de la comunidad arbórea.

Los resultados del presente estudio podrán servir como base para tener una referencia de los cambios que



podieran presentarse a futuro en este tipo de bosque; así mismo, estos resultados podrían servir como parte de una contribución para estudios de otras áreas en la región que pudieran compartir características similares. De esta manera se puede inferir en la toma de decisiones para la planeación de un programa de restauración de la vegetación ribereña de la parte alta, media y baja del arroyo Las Tinajas, ya que se brinda la información referente a las especies dominantes de la región, así como su distribución a lo largo del gradiente altitudinal.

## RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención otorgada al primer autor para realizar sus estudios de posgrado.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J. M. E. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea de un bosque de galería en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(47), 230–252. doi: 10.29298/rmcf.v9i47.154
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Espinoza-Vizcarra, D., Jurado, E., Aguirre-Calderón, O. A., & González-Tagle, M. A. (2008). Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapinco Serie Ciencias Forestales y Del Medio Ambiente*, 14(2), 113–118.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O., & Treviño-Garza, E. J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapinco Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(1), 31–39. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.05.032
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, O. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de Pinus- Quercus sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1208–1214. doi: 10.7550/rmb.29708
- Alanís, E., Jiménez, J., Canizales, P. A., González, H., & Mora-Olivo, A. (2015). Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(7), 69–80.
- Alanís-Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Canizales-Velázquez, P.A., Chávez-Costa, A.C., Rubio-Camacho, E., Mora-Olivo, A. (2018). Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 125, 133–156. doi: 10.21829/abm125.2018.1329
- Alanís, G. J., Gerónimo, C. C., & Rovalo, M. (1996). *Vegetación y flora de Nuevo León. Una guía botánico-ecológica*. Monterrey, Nuevo León: CEMEX.
- Aragón-Piña, E. E., Garza-Herrera, A., González-Elizondo, M. S., & Luna-Vega, I. (2010). Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 771–787. doi: 10.22201/ib.20078706e.2010.003.648
- Ávila-Flores, D. Y., González-Tagle, M. A., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., & Vargas-Larreta, B. (2012). Estructura de rodales de *Pinus hartwegii* afectados por incendios utilizando parámetros de vecindad en la sierra madre oriental, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), 377–387.
- Beals, E. W. (1984). *Advances in Ecological Research. Bray-Curtis ordination: An effective strategy for analysis of multivariate ecological data*. Orlando, Florida: Academic Press.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., & Grebner, D. L. (2008). *Forest Management and Planning* (2a ed.). Nueva York: Academic Press-Elsevier.
- Carvalho, J. P. F. (2011). Composition and structure of natural mixed-oak stands in northern and central Portugal. *Forest Ecology and Management*, 262(10), 1928–1937. doi: 10.1016/j.foreco.2011.04.020
- Colwell, R.; K. (2006). *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Recuperado de <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Cuevas-Guzmán, R., Cisneros-Lepe, E. A., Jardel-Peláez, E. J., Sánchez-Rodríguez, E. V., Guzmán-Hernández, L., Núñez-López, N. M., & Rodríguez-Guerrero, C. (2011). Análisis estructural y de diversidad en los bosques de Abies de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1219–1233. doi: 10.22201/ib.20078706e.2011.4.741
- De León, G. D., García, A., Andrade, S., & Ruiz, A. (2013). Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 30–40.
- Ding, J., & Zhao, W. (2016). Comparing Chinese and international studies of riparian forests: A bibliometric survey (1981–2014). *Acta Ecologica Sinica*, 36(5), 377–385. doi: 10.1016/j.chnaes.2016.05.004

- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E., & Valdes-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 83, 13–24. doi: 10.17129/botsoci.1785
- Gadow, K., Sánchez-Orois, S., & Álvarez-González, J. G. (2007). *Estructura y crecimiento del bosque*. Alemania: Universidad de Göttingen.
- Gadow, K. V., Zhang, C. Y., Wehenkel, C., Pommerening, A., Corral-Rivas, J., Korol, M., Hui, G. Y., Kivistie, A., & Zhao, X. H. (2012). Forest structure and diversity. En T. Pukkala, & K. von Gadow (Eds.), *Continuous Cover Forestry*. Springer Netherlands.
- García-Arévalo, A. (2008). Vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez del norte de México. *Polibotánica*, 25, 45–68.
- García, M. G., Narváez, R., Castruita, L. U., Ayala, N. G., Núñez, D., Loera, F. J., Gutiérrez, I. H., Bustillos, R. D., Ayala, Y. L., Castruita, G., & Vélez, S. L. (2009). *Estudio regional forestal: Región de manejo silvícola de Guachochi, A. C.* Chihuahua, Chihuahua: Comisión Nacional Forestal.
- García-Aranda, M. A., Estrada-Castillón, A. E., Cantú-Ayala, C. M., & Pando-Moreno, M. (2012). Clasificación de nueve sitios de bosque mixto de coníferas con presencia de *Taxus globosa* en la Sierra Madre Oriental, Nuevo León y Tamaulipas, México. *Botanical Sciences*, 90(1), 53–62. doi: 10.17129/botsoci.385
- García, S. A., Narváez, R., Olivas, J. M., & Hernández, J. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino – encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 41–63. doi: 10.29298/rmcf.v10i53.173
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., & López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, 100, 351–404. doi: 10.21829/abm100.2012.40
- González, R., Treviño, E. J., González, M. A., Duque, Á., & Gómez, M. (2018). Diversidad y estructura arbórea en un bosque de *Abies vejarii* Martínez en el sur del estado de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 36–64. doi: 10.29298/rmcf.v9i45.142
- Gould, W. A., González, G., & Carrero Rivera, G. (2006). Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico. *Journal of Vegetation Science*, 17(5), 653–664. doi: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02489.x
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Luján-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535–542. doi: 10.19136/era.a4n12.1114
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Medio Ambiente*, 12(1), 55–69. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.04.022
- Guerrero-Hernández, R., González-Gallegos, J. G., & Castro-Castro, A. (2014). Análisis florístico de un bosque de Abies y el bosque mesófilo de montaña adyacente en Juanacatlán, Mascota, Jalisco, México. *Botanical Sciences*, 92(4), 541–562. doi: 10.17129/botsoci.119
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M., & Domínguez-Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 19(2), 189–199. doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052
- Huerta, M. M., & Guerrero, S. (2004). *Ecología de comunidades*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (2020). *Mapas de corriente de agua*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/hidrologia/#Mapa>
- International Union for Conservation of Nature [IUCN]. (2013). *Red List of Threatened Species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>
- Kocher, S. D., & Harris, R. (2007). Riparian Vegetation. In *Forest Stewardship Series 10*. University of California. Recuperado de <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8240.pdf>
- López, J. A., Aguirre, O. A., Alanís, E., Monarrez, J. C., González, M. A., & Jiménez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39–51. doi: 10.21829/myb.2017.2311518
- Ludwing, J. A. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Margalef, R. (1972). *Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity*. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences.
- McCarthy, B. C. (2004). Review of measuring biological diversity, by Magurran, A. E. *The journal of the Torrey Botanical Society*, 131(3), 277–278. doi: 10.2307/4126959
- Moreno, C. E., & Halffter, G. (2001). Spatial and temporal analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*, 10, 367–382. doi: 10.1023/A:1016614510040



- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Recuperado de <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Nilsson, C., & Svedmark, M. (2002). Basic principles and ecological consequences of changing water regimes: Riparian plant communities. *Environmental Management*, 30(4), 468–480. doi: 10.1007/s00267-002-2735-2
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT]. (2015). *Directrices voluntarias para la ordenación y manejo sostenible de los bosques tropicales naturales*. Recuperado de [https://www.itto.int/direct/topics/topics\\_pdf\\_download/topic\\_s\\_id=4330&no=2&disp=inline](https://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topic_s_id=4330&no=2&disp=inline)
- Pets G.E. (2018). Mitigation for Impacts to Riparian Vegetation on Western Montane Streams. En J. A. Gore, & G. E Petts (Eds.) *Alternatives in Regulated River Management*. CRC Press.
- Portal de Geoinformación (2020). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Ramírez, S. R. (2006). *Efecto de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino encino en la Sierra Juárez de Oaxaca, México*. Tesis de maestría no publicada, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Rascón-Ayala, J. M., Alanís-Rodríguez, E., Mora-Olivo, A., Buendía-Rodríguez, E., Sánchez-Castillo, L., & Silva-García, J. E. (2018). Differences in vegetation structure and diversity of a forest in an altitudinal gradient of the Sierra La Laguna Biosphere Reserve, Mexico. *Botanical Sciences*, 96(4), 598–608. doi: 10.17129/botsci.1993
- Richter, M. H. (2008). *Tropical mountain forest - distribution and general features*. Alemania: Biodiversity and Ecology Series. no 2.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ª ed. digital). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de [https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf)
- Sánchez Silva, R. (1986). Vegetación en galería y sus relaciones hidrogeomorfológicas. *Ingeniería Hidráulica en México, mayo-agosto*, 70-78. Recuperado de <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/527/449>
- Sánchez-González, A., López-Mata, L., & Granados-Sánchez, D. (2005). Similitud florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 56, 62–76. doi: 10.14350/rig.30097
- Sánchez M, W. K. (2006). *Estudio de las comunidades de plantas riparias y sus asociaciones florísticas en la cuenca del Río Sabinas, Coahuila, México*. Tesis inédita, Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México.
- Sánchez, G. A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107–120. doi: 10.21829/myb.2008.1411222
- Santiago-Pérez, A. L., Ayón Escobedo, A., Rosas-Espinoza, V. C., Rodríguez Zaragoza, F. A., & Toledo González, S. L. (2014). Estructura del bosque templado de galería en la Sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(24), 144–159. doi: 10.29298/rmcf.v5i24.326
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)
- Shannon, C. E. (1948). *A Mathematical Theory of Communication*. Recuperado de <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>
- Timoney, K. P., Peterson, G., & Wein, R. (1997). Vegetation development of boreal riparian plant communities after flooding, fire, and logging, Peace River, Canada. *Forest Ecology and Management*, 93(1-2), 101–120. doi: 10.1016/S0378-1127(96)03929-1
- Tropicos. (2020). Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>
- Valenzuela Nuñez, L. M., & Granados Sánchez, D. (2009). Caracterización fisionómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(1), 29–41.
- Vázquez, V. F. (2013). *Estructura composición y diversidad arbórea en área de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Nacional de la Sierra Juárez, Oaxaca, México.
- Vetaas, O. R., & Grytnes, J. A. (2002). Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. *Global Ecology and Biogeography*, 11(4), 291–301. doi: 10.1046/j.1466-822X.2002.00297.x

Zacarias, Y. (2009). *Composición y estructura del bosque templado de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, a lo largo de un gradiente altitudinal*. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis* (5a ed.). Upper Saddle River, N. J.: Prentice-Hall/Pearson.

Manuscrito recibido el 10 de febrero de 2020

Aceptado el 16 de junio de 2020

Publicado el 22 de diciembre de 2021

Este documento se debe citar como:

Holguín-Estrada, V. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Yerena-Yamallell, J. I., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2021). Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 27(2), e2722123. doi: 10.21829/myb.2021.2722123



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.