



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>

Artículo

Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León

Diversity, structure and floristic composition of temperate forests of southern *Nuevo León* state

Gyorgy Eduardo Manzanilla Quijada¹, José Manuel Mata Balderas^{1*}, Eduardo Javier Treviño Garza¹, Óscar Alberto Aguirre Calderón¹, Eduardo Alanís Rodríguez¹ y José Israel Yerena Yamalle¹

Abstract

This paper describes and compares the diversity, structure and composition of the vegetation in four sites of temperate forests at the south of the state of *Nuevo León*, by means of ecological indicators and mensuration variables. Four sites of 2 500 m² were measured, where height (*h*), diameter ($d_{1.30} \geq 7.5$ cm) and crown cover (d_{copa}) were recorded. Beta diversity was evaluated by using a Bray-Curtis similarity model. The diversity (Shannon-Weaver [*H'*] and Simpson [*D*]) and richness (Margalef [D_{Mg}] and Menhinick [D_{Mn}]) indexes were estimated, as well as the horizontal structure (Importance Value Index [*IVI*]) and the vertical structure (Pretzsch Index *A*). The Weibull function was used to create a histogram of diameter distributions. Ten species, distributed in four families were identified, from which Fagaceae family had the greatest richness. S4 compiles greater diversity with seven species. In S1, *Pinus teocote* recorded the highest value of importance, *IVI*=50.64; followed by *Quercus mexicana* in S2 *IVI*=48.61 and S3 *IVI*=35.78. In relation to the indexes, S4 presented the highest values in $H' = 1.686$, $D = 0.796$, $D_{Mg} = 1.207$, unlike $D_{Mn} = 0.586$ which was presented in S3. S4 registered an $A = 1.69$, with an $A_{max} = 3.04$. The similarity relations indicated that S2 and S3 presented the highest similarity of 48.03 %. The results obtained in this work would serve to have a reference of the changes experienced by the forests in these sampled areas and through time to apply the most convenient forest management.

Key words: Biodiversity, diameter distribution, floristic structure, Pretzsch *A* index, species richness, permanent sites.

Resumen

El presente trabajo describe y compara la diversidad, estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de bosques templados del sur del estado de Nuevo León, mediante indicadores ecológicos y variables dasométricas. Se midieron cuatro sitios de 2 500 m², en los que se registró la altura (*h*), diámetro ($d_{1.30} \geq 7.5$ cm) y cobertura de copa (d_{copa}). Se evaluó la diversidad beta mediante un modelo de similitud de Bray-Curtis. Se estimaron los índices de diversidad [Shannon-Weaver (*H'*) y Simpson (*D*)] y riqueza [Margalef (D_{Mg}) y Menhinick (D_{Mn})], así como la estructura horizontal [Índice de Valor de Importancia (*IVI*)] y la estructura vertical (índice *A* de Pretzsch). Se empleó la función Weibull para crear un histograma de distribuciones diamétricas. Se identificaron 10 especies, distribuidas en cuatro familias, de las cuales Fagaceae representó la mayor riqueza. El S4 es el más diverso con siete taxones. En el S1 *Pinus teocote* registró el valor de importancia más alto, *IVI*=50.64; seguido de *Quercus mexicana* en el S2, *IVI*=48.61; y S3 *IVI*=35.78. En relación a los índices, el S4 registró valores superiores en $H' = 1.686$, $D = 0.796$, $D_{Mg} = 1.207$, a diferencia de $D_{Mn} = 0.586$ en el S3. En S4 se calculó un $A = 1.69$, con una $A_{max} = 3.04$. Las relaciones de similitud indicaron que los S2 y S3 revisten la similitud más alta (48.03 %). Los resultados obtenidos en este trabajo sirven como una referencia de los cambios que experimentan los bosques en estas áreas de interés, y para a través del tiempo aplicar el manejo forestal más conveniente.

Palabras clave: Biodiversidad, distribución diamétrica, estructura florística, índice *A* de Pretzsch, riqueza de especies, sitios permanentes.

Fecha de recepción/Reception date: 29 de noviembre de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de julio de 2020

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. México.

*Autor por correspondencia; Correo-e: manuelmata792@gmail.com

Introducción

México posee una privilegiada diversidad de ecosistemas naturales, integrados por matorrales xerófilos (41 %), bosques templados (24 %) y selvas (23 %) (Conafor, 2009). Las zonas templadas ocupan alrededor de 46 millones de ha, lo que equivale a 23.4 % del territorio nacional. Se distribuyen, principalmente, en cuatro regiones fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Sierra Volcánica Transversal, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur (González, 2003). Estos sistemas montañosos son sitios con alta diversidad de plantas, distribuida entre árboles y el sotobosque; en general, los bosques templados reúnen más de la mitad de las especies de pinos y encinos, además de 3 % de los taxa de *Quercus* del mundo (Rzedowski, 2006; Rodríguez y Myers, 2010; González-Elizondo *et al.*, 2012).

Determinar la estructura florística, vertical y horizontal, la densidad de individuos dentro de un área boscosa permite conocer la naturaleza de la masa forestal, con base en su diversidad biológica, composición florística, así como la abundancia en la distribución espacial, y en los estratos altitudinales de las especies que forman las comunidades vegetales (Aguirre, 2002).

La diversidad es un sinónimo de la riqueza o variedad de especies que se presentan en un ecosistema (Gaines, 1999; Gadow *et al.*, 2007). La estructura arbórea es un elemento clave para evaluar la estabilidad de los bosques, la cual se puede modificar mediante la aplicación de tratamientos silvícolas que cambian la estructura de los rodales o masas forestales y en consecuencia, el bosque (Lähde *et al.*, 1999; del Río *et al.*, 2003; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2010). Por lo tanto, la cuantificación de las variables estructurales de los bosques es importante para entender el funcionamiento del ecosistema y con ello contribuir al manejo forestal sustentable (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2010).

El conocimiento de la estructura horizontal y vertical es sustancial para planear acciones que favorezcan el desarrollo de los bosques, y que se realizan al seleccionar los árboles que serán extraídos, sin afectar la estructura original (Aguirre-Calderón,

2015). Primordialmente, la estructura horizontal está dada por la distribución dasométrica (área basal y volumen por categoría diamétrica), así como por la abundancia, frecuencia y dominancia. La estructura vertical utiliza diferentes zonas de altura para la detección de cambios en la diversidad arbórea en diferentes estratos del bosque, con el objetivo de aportar información básica sobre la dinámica del rodal (Pretzsch, 2009).

La composición florística describe al número de familias, géneros y especies en un bosque al momento de realizar un inventario. Los elementos que se consideran para lograrlo se enfocan en la diversidad, riqueza de especies y la similitud entre otras (Louman *et al.*, 2001). Los estudios de la vegetación son uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de cualquier ecosistema. Por tal motivo, un inventario florístico planificado debe suministrar información de la riqueza específica (diversidad alfa) (Villarreal *et al.*, 2006), en la que se incluye solamente el número de especies, no la abundancia de cada una de ellas.

El uso de índices de diversidad que ponderan la riqueza y la abundancia de especies proporcionan una validez científica para establecer criterios de conservación, ya que estas son con frecuencia utilizadas como indicadores ambientales de la salud del ecosistema (Magurran, 1989). Esos índices se han aplicado para orientar las acciones relacionadas con la biodiversidad de los hábitats, en virtud de que expresan en valores numéricos la información de censos o muestras que contribuyen a fundamentar la toma de decisiones en el manejo forestal (Lübbers, 1997).

Es por ello, que el manejo forestal responsable requiere de una visión de sustentabilidad, el cual se dictamina con principios y criterios que evalúan el mantenimiento de la diversidad y la conservación de la composición florística. Para todo bosque que es aprovechado y esencialmente para aquel que tenga certificación de buen manejo, se deben conocer las características y el comportamiento del estrato arbóreo (Hernández, 2012). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio consistió en describir y comparar la diversidad, estructura y composición de la vegetación en bosques templados ubicados en el sur del estado de Nuevo León, México.

Materiales y Métodos

Área de estudio y sitios de muestreo

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el invierno del año 2019, en cuatro localidades de bosque mixto de pino-encino, ubicados en el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, con una distancia aproximada de 5 km entre ellos; tres se localizan en el municipio Galeana y uno en el municipio Aramberri en el estado de Nuevo León, México; entre los $23^{\circ}43'51'' - 25^{\circ}26'45''$ N y los $99^{\circ}28'30'' - 100^{\circ}55'48''$ O (Figura 1).

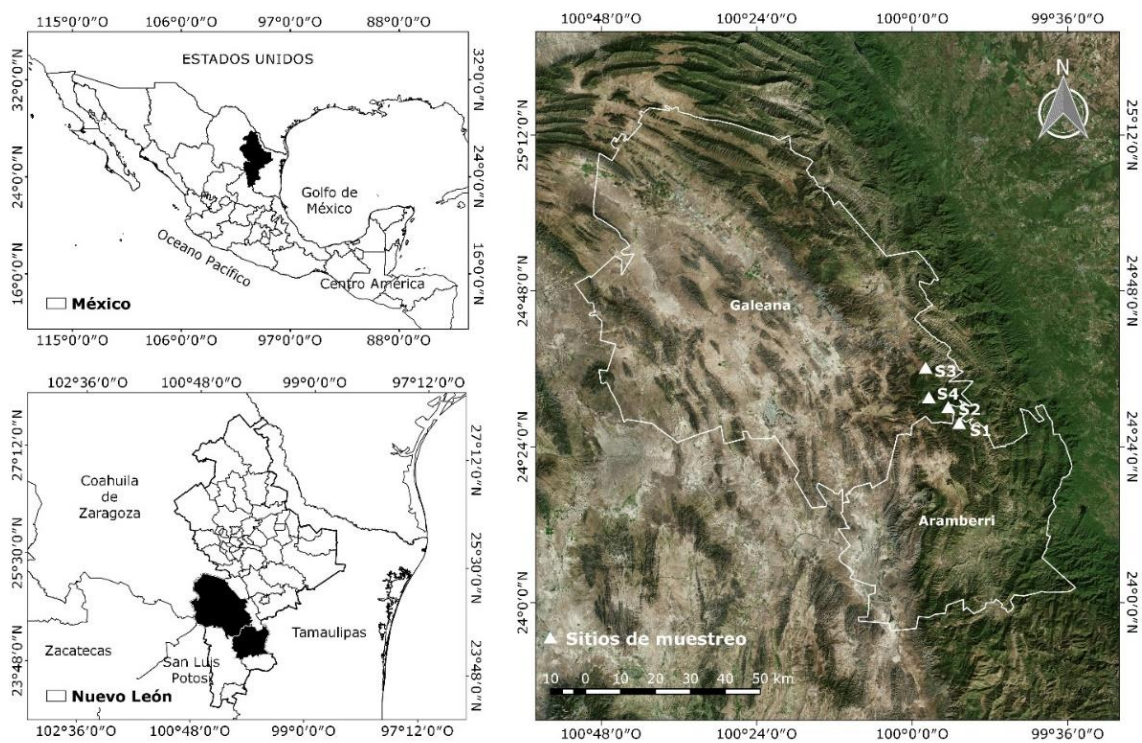


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio.

En la región, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; su régimen pluvial varía entre 600 y 1 200 mm, con temperatura media anual de 14 a 18 °C.

Predomina el tipo de suelo Litosol y la vegetación corresponde a bosques de coníferas conformados por asociaciones de pino-encino y encino-pino (Inegi, 2017).

Se establecieron cuatro parcelas de muestreo con una superficie de 2 500 m² (50 × 50 m), en los parajes Canoas (S1), Agua Blanca (S2), Cañada El Llorón (S3) y El Alamillal (S4); en cada una de ellas se registraron las coordenadas geográficas, sus características fisiográficas (Cuadro 1) y se censaron todos los individuos de las especies arbóreas mayores a 7.5 cm de diámetro normal (diámetro a una altura de 1.3 m sobre el nivel del suelo), conforme a la metodología utilizada en los sitios de investigación forestal y de suelos desarrollado por Corral-Rivas *et al.* (2009). Se identificó la especie y el número de árbol de cada individuo y se midieron la altura total (*h*), diámetro normal (*d*_{1.30}) y diámetro de copa (*d*_{copa}).

Cuadro 1. Descripción fisiográfica de los sitios de muestreo.

Sitios	Paraje	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m)	Exposición	Tipo de Vegetación
1	Canoas	24°27'14.62"	99°52'44.97"	2 665	Suroeste	Pino-encino
2	Agua blanca	24°29'44.81"	99°54'26.17"	2 442	Suroeste	Encino-pino
3	Cañada El Llorón	24°35'47.76"	99°57'55.87"	2 133	Noreste	Encino-pino
4	El Alamillal	24°31'12.69"	99°57'25.94"	2 806	Noreste	Pino-encino

Análisis de datos

Composición Florística

Durante el levantamiento de la información en campo, se recolectó material botánico de todas las especies arbóreas existentes en los sitios de muestreo; además, de cada una se recolectó una porción terminal de una rama, conformada por hojas y la estructura reproductiva. Para su posterior identificación taxonómica, dichos ejemplares se llevaron a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. La validez de los nombres científicos se corroboró con base en la plataforma *The Plant List* (2013).

Coeficiente de similitud

Para determinar la semejanza en la composición de las especies entre las cuatro localidades, se aplicó un análisis con el programa *BioDiversity Professional* versión 2.0 (McAleece *et al.*, 1997), mediante un algoritmo que permite analizar la similitud de las muestras a través del cálculo del porcentaje con intervalos de 0 a 100 %, cuyo resultado se representa en un dendrograma de similitud-disimilitud de *Bray-Curtis* (Bray y Curtis, 1957).

Índices de diversidad y riqueza

Se estimaron los siguientes índices de diversidad y riqueza:

El índice de diversidad de *Shannon-Weaver* (H'), que expresa la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Shannon, 1948; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008).

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

Donde:

S = Número de especies presentes

\ln = Logaritmo natural

P_i = Proporción de los individuos hallados de la especie i ; se calcula mediante la relación (n_i/N)

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos

El índice de diversidad de *Simpson* (D), que estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor (Lamprecht, 1962).

$$D = \sum P_i^2$$

Donde:

P_i = Proporción de las especies i en la comunidad (n_i/N)

n_i = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos

El índice de riqueza de *Margalef* (D_{Mg}), que determina la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número total de individuos existentes en la muestra analizada. Combina el número de especies (S) y el número de individuos (N) (Magurran, 2004).

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

\ln = Logaritmo natural (base e)

S = Número total de especies presentes

N = Número total de individuos

El índice de riqueza de *Menhinick* (D_{Mn}), que se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, el cual se incrementa al aumentar el tamaño de la muestra.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

S = Número de especies

N = Número total de individuos

Categorías diamétricas

Se utilizó la función de *Weibull* para crear histogramas de distribuciones diamétricas, los cuales se evaluaron con una prueba de bondad de ajuste de X -cuadrada, con el *software Minitab* versión 16 (Minitab, 2014). Dicha función se usa en la ciencia forestal por su facilidad de aplicación en análisis semejantes de algunos taxa del género *Pinus* (Bailey y Dell, 1973).

Estructura horizontal

Para evaluar la estructura horizontal de cada especie, se determinó su abundancia, de acuerdo con el número de árboles, su dominancia en función del área de copa, y su frecuencia con base en la presencia en los sitios de muestreo. Los resultados se utilizaron para calcular el Índice de Valor de Importancia (*IVI*), que adquiere valores porcentuales en una escala de cero a 100 (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Mostacedo y Fredericksen, 2000).

La estimación de la abundancia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{N_i}{S}, AR_i = \left(\frac{A_i}{\sum_{i=1..n} A_i} \right) \times 100$$

Donde:

A_i = Abundancia absoluta de la especie i (N ha⁻¹)

AR_i = Abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total

N_i = Número de individuos de la especie i

S = superficie de muestreo (ha)

La dominancia relativa se calculó mediante la siguiente expresión:

$$D_i = \frac{Ab_i}{S (ha)}, DR_i = \left(\frac{D_i}{\sum_{i=1..n} D_i} \right) \times 100$$

Donde:

D_i = Dominancia absoluta de la especie i (N ha⁻¹)

DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total

Ab_i = Área de la copa de la especie i

S = Superficie de muestreo (ha)

La frecuencia relativa se estimó con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{f_i}{NS}, FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1...n} F_i} \right) \times 100$$

Donde:

F_i = Frecuencia absoluta (porcentaje de presencia en los sitios de muestreo)

FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias

f_i = Número de sitios en el que está presente la especie i

NS = Número total de sitios de muestreo

El índice de valor de importancia (IVI) se definió mediante la ecuación (Whittaker, 1972; Moreno, 2001):

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

Donde:

IVI = Índice de valor de importancia

AR_i = Abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total

DR_i = Dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total

FR_i = Frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total

Estructura vertical (A de Pretzsch)

Se interpretó la estructura vertical de las especies por medio del índice de distribución vertical *A* de *Pretzsch* (Pretzsch, 1996; del Río *et al.*, 2003), el cual es una modificación del índice de *Shannon* (Pretzsch, 2009), en el que *A* tiene valores entre cero y un valor A_{max} ; cuando un valor $A = 0$ significa que el rodal está constituido por una especie que ocurre en un solo estrato. A_{max} se alcanza cuando la totalidad de las especies están presentes en la misma proporción, tanto en el rodal como en los diferentes estratos (Corral *et al.*, 2005). Por ello, se definieron tres estratos con intervalos de altura máxima del área, en los cuales el árbol más alto representa 100 %, y corresponde al estrato I: 80 - 100 %; al estrato II: 50-80 %; y al estrato III: de 0-50 % (Aguirre, 2002; Jiménez *et al.*, 2008; Pretzsch, 2009). El índice *A* se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z P_{ij} * \ln(P_{ij})$$

Donde:

A = Índice de distribución vertical

S = Número de especies presentes

Z = Número de estratos respecto a la altura

P_{ij} = Porcentaje de especies en cada zona, se estima mediante $(n_{i;j}/N)$, n_i

j = Número de individuos de la especie *i* en el estrato *j*

N = Número total de individuos

Para comparar el índice de *Pretzsch* fue necesario estandarizarlo, y esto se realizó con el valor de A_{max} , que se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$A_{max} = \ln(S * Z)$$

Para estandarizar el valor de *A* se aplicó la siguiente expresión.

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$$

Resultados y Discusión

Composición florística

Se identificaron 10 especies de árboles, pertenecientes a cuatro familias y cinco géneros. Fagaceae reunió la mayor riqueza con cinco especies, seguida de Pinaceae con tres. Estas familias representaron 92.32 % del total registrado en los cuatro sitios de estudio (Cuadro 2). Las restantes fueron Ericaceae y Cupressaceae con un género. Destacaron los taxones de los géneros *Quercus* (cinco), *Pinus* (dos); de *Abies*, *Arbutus* y *Juniperus* solamente se identificó un taxón. En relación al número de individuos para los cuatro sitios de estudio, dominaron Fagaceae, con 228 y Pinaceae, con 205; mientras que, las de menor abundancia fueron Ericaceae, con 32 y Cupressaceae, con 4.

Cuadro 2. Especies registradas en los sitios de muestreo, ordenados por familia.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Pinaceae	<i>Abies vejarii</i> Martínez	Oyamel
Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	Pino blanco
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltld. et Cham.	Ocote
Fagaceae	<i>Quercus canbyi</i> Trel.	Encino amarillo
Fagaceae	<i>Quercus laeta</i> Liebm.	Encino colorado
Fagaceae	<i>Quercus mexicana</i> Humb. et Bonpl.	Encino de México
Fagaceae	<i>Quercus polymorpha</i> Schltld. et Cham.	Encino roble
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino blanco
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño
Cupressaceae	<i>Juniperus flaccida</i> Schltld.	Enebro

En la Sierra Madre Oriental destacan los estudios florísticos realizados por García-Arévalo (2008), Valenzuela y Granados (2009), Aragón-Piña *et al.* (2010), De León *et al.* (2013), Delgado *et al.* (2016) y Graciano-Ávila *et al.* (2017), los cuales coinciden en que Pinaceae y Fagaceae son las familias más abundantes; Valencia (2004), Sánchez-González (2008), González-Elizondo *et al.* (2012) y Gernandt y Pérez-de la Rosa (2014) argumentaron que la abundancia de estas dos familias se explica por su amplia diversidad de especies en México, pues de *Pinus* se consignan 49 y de *Quercus*, 161. Asimismo, Zúñiga *et al.* (2018) documentan un alto valor de importancia para los géneros *Pinus* y *Quercus*, a lo que se debe agregar el gran interés económico de ambas familias en los ecosistemas forestales del país (Semarnat, 2014).

Coeficiente de similitud

El dendrograma derivado de la matriz de similitud-disimilitud de *Bray-Curtis* (Figura 2) agrupa los sitios de estudio en dos conjuntos bien definidos. El primero está integrado por S2 y S3, que fueron los más similares en la composición de especies, con 48.03 % de similitud y correspondieron a una comunidad vegetal de bosque mixto de encino-pino. El segundo grupo está conformado por S1 y S4, con 43.72 % de similitud, y una comunidad vegetal de pino-encino. Las agrupaciones están influidas por el número de individuos de los taxa con mayor composición florística, debido a que su abundancia resultó muy parecida, a pesar de que su riqueza fue muy diferente entre los sitios de muestreo.



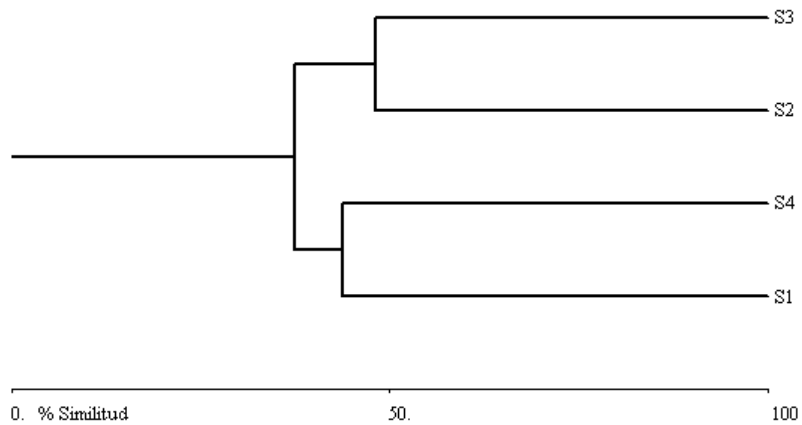


Figura 2. Dendrograma de similitud-disimilitud *Bray-Curtis* de los sitios de estudio.

Índices de diversidad y riqueza

Los valores más altos de los índices de diversidad de *Shannon-Weaver* y de *Simpson*, y el índice de riqueza de *Margalef* se registraron en el S4, porque presenta el mayor número de especies; sin embargo, el valor más alto del índice de riqueza de *Menhinick* se determinó en el S3. Los valores de menor diversidad de *Shannon-Weaver* y *Simpson* se registraron en el S1, pero los índices de riqueza de *Margalef* y *Menhinick* en el S2, representada por cuatro especies (Figura 3).

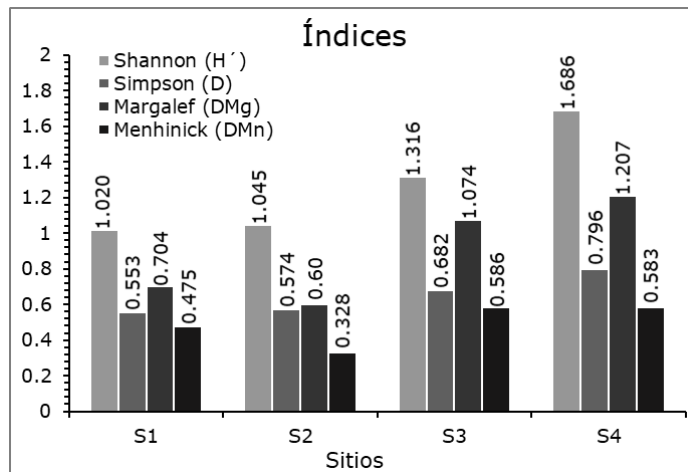


Figura 3. Análisis de los índices de diversidad y riqueza de los sitios de estudio.

Al comparar los resultados de este estudio con los valores de diversidad y riqueza en otras regiones del país, se observa que el valor del índice de *Shannon-Weaver* se ubica dentro de los intervalos registrados por Solís *et al.* (2006) de $H' = 0.72$ y 1.21; así como con los de Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) de $H' = 0.53$ a 1.33 en bosques templados de Durango; Hernández-Salas *et al.* (2013) de $H' = 1.23$ en un bosque templado de pino-encino en Chihuahua; López-Hernández *et al.* (2017) de $H' = 1.37$ en bosques templados de Puebla; Domínguez *et al.* (2018) de $H' = 0.93$ a 1.51 en cuatro sitios de la SMO; Buendía-Rodríguez *et al.* (2019) de $H' = 0.83$ a 1.78 en 10 sitios del noreste de México.

De acuerdo al índice de *Margalef*, algunos autores como Hernández-Salas *et al.* (2013) refieren valores de $D_{Mg} = 0.90$ a 1.04 en bosques templados del noreste de México; López-Hernández *et al.* (2017) de $D_{Mg} = 1.35$ en bosques templados de Puebla. De igual manera para el índice de *Menhinick*, Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) y Ríos-Saucedo *et al.* (2019) registraron valores superiores de $D_{Mn} = 0.82$ y 0.95 en bosques templado de Durango, y valores de índices de riqueza de *Simpson* de $D = 0.73$. Con base en los resultados de los índices de diversidad y riqueza de especies en los sitios de estudio, se clasifican como de diversidad baja a media.

Categorías diamétricas

Las distribuciones diamétricas indican masas irregulares, pues reflejan tanto tendencias de *J* invertida, como curvas de distribución normal. En este estudio, se presentan bosques cuya dominancia es de árboles jóvenes con diámetros de 10 a 30 cm, valores cercanos a los registrados por Návar-Cháidez (2010) y Delgado *et al.* (2016) para bosques templados de Nuevo León y Durango. Se observaron individuos con diámetros mayores a 40 cm, en los cuales conforme aumenta el diámetro, la estructura de los sitios va decreciendo en densidad; lo que refleja un flujo adecuado de regeneración, con una reserva de individuos jóvenes que en un futuro podrían reemplazar a los mayores diámetros, de modo que se garantiza la supervivencia del

ecosistema. Por lo tanto, es factible realizar aclareos, ya que hay individuos que han alcanzado su máximo desarrollo (Figura 4).

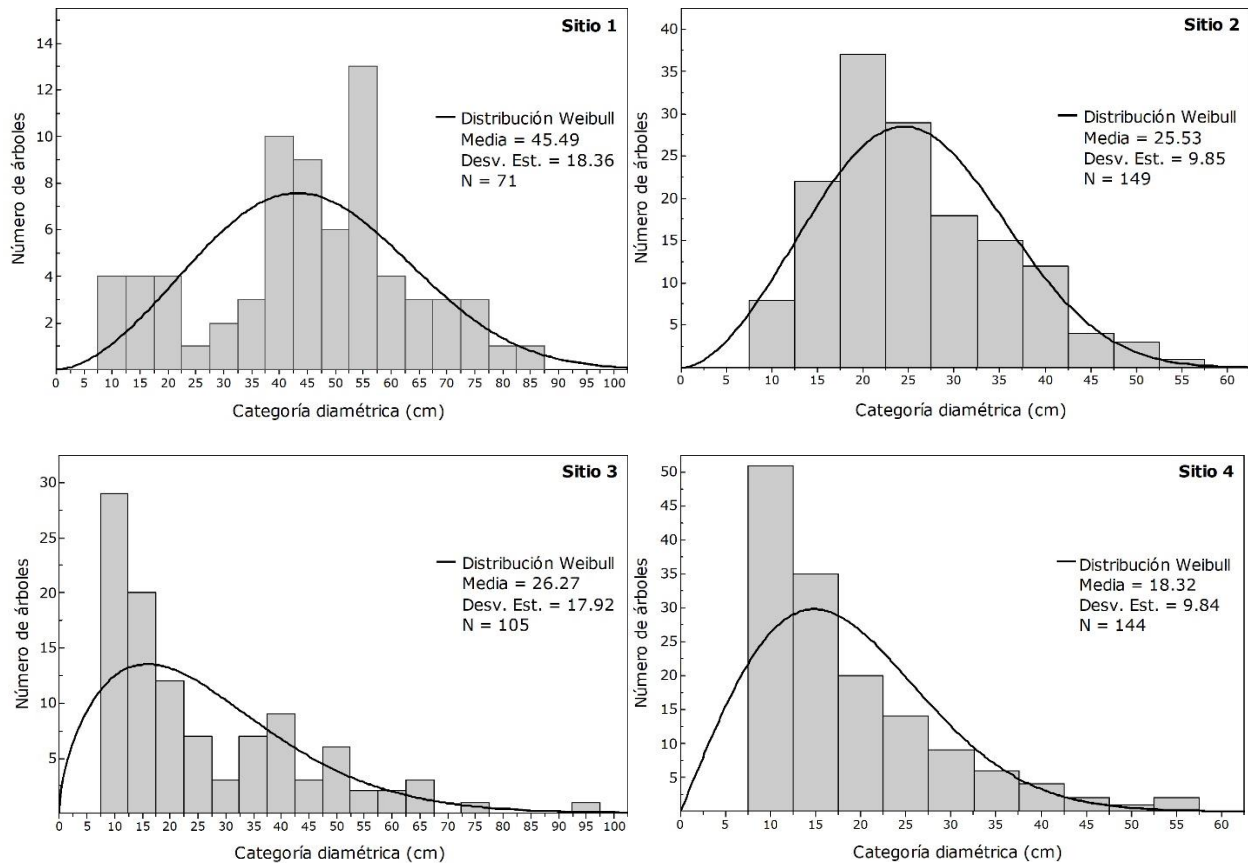


Figura 4. Distribución de árboles por categorías diamétricas en los sitios de estudio.

Estructura horizontal

Se registraron 469 árboles. A S4 le correspondió el mayor número de familias, con cuatro; seguido de S3, con tres; S1 y S2, con dos. En S3 se identificaron seis especies y en S4 siete, que son las cifras más altas; quizás por su exposición noreste, ya que propicia condiciones de temperatura y humedad favorables, pues los bosques con esta exposición presentan menor déficit hídrico debido a la baja temperatura y evapotranspiración durante el día (López-Gómez *et al.*, 2012). S1 y S2 siguen una tendencia inferior, con cuatro familias y una exposición suroeste. En todos los sitios,

al menos hubo un taxon del género *Pinus* y *Quercus*. Las especies más escasas, una por cada sitio, fueron *Abies vejarii* Martínez, *Juniperus flaccida* Schltl., *Quercus canbyi* Trel. y *Quercus laeta* Liebm.

Q. mexicana Humb. et Bonpl fue la mejor representada en el S2, con 89 árboles (59.73 % del total); seguido de S1, con 44 árboles de *P. teocote* Schiede ex Schltl. et Cham (61.97 % del total), *P. pseudostrobus* Lindl., con 37 individuos (35.24 % del total) en el S3; *Q. canbyi* con 35 árboles (24.3 % del total) en el S4. En menor proporción *Q. mexicana* y *Q. rugosa* Née con tres ejemplares (4.23 y 2.08 % del total) en S1 y S4. El sitio con el número más alto de individuos fue S2 (149), seguido de S4 (144), S3 (105) y S1 (71). Las mayores coberturas correspondieron al S2, S4 y S3 con valores de 2 853 m² ha⁻¹, 2 806 m² ha⁻¹ y 2 779.4 m² ha⁻¹, respectivamente; mientras que, el sitio de menor cobertura correspondió al S1 con 2 215.02 m² ha⁻¹. Las especies que tuvieron la mayor cobertura fueron *Q. mexicana*, con 3 189.44 m² ha⁻¹ y *P. teocote*, con 3 038.56 m² ha⁻¹ y la de menor cobertura, *J. flaccida* con 77.14 m² ha⁻¹.

Las especies más abundantes fueron *Q. mexicana*, *P. teocote* y *P. pseudostrobus*; en tanto que la menor se registró para *J. flaccida*. Las especies dominantes fueron *Q. mexicana*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*; *J. flaccida* tuvo el valor más bajo; y *P. teocote* fue la más frecuente (Cuadro 3).



Cuadro 3. Parámetros estructurales de especies por sitio de muestreo.

Sitio	Especie	No. Ind	Densidad		Frecuencia		Área de copa		Área Basal		IVI (%)
			(N ha ⁻¹)	Dr (%)	F	Fr (%)	(m ² ha ⁻¹)	ACr (%)	(m ² ha ⁻¹)	ABr (%)	
1	<i>P. pseudostrabus</i>	9	36	12.68	0.8	26.67	369.2	16.67	10.97	20.47	18.67
	<i>P. teocote</i>	44	176	61.97	0.8	26.67	1 401.56	63.28	37.91	70.75	50.64
	<i>Q. mexicana</i>	3	12	4.23	0.6	20	82.4	3.72	1.30	2.42	9.32
	<i>Q. rugosa</i>	15	60	21.13	0.8	26.67	361.86	16.34	3.41	6.36	21.38
	Total	71	284	100	3	100	2 215.02	100	53.59	100	100
2	<i>A. vejarii</i>	28	112	18.79	0.2	9.09	525.02	18.40	4.43	12.63	15.43
	<i>P. teocote</i>	27	108	18.12	0.8	36.36	559.60	19.61	11.38	32.49	24.70
	<i>Q. mexicana</i>	89	356	59.73	0.6	27.27	1 678.62	58.83	18.59	53.05	48.61
	<i>Q. polymorpha</i>	5	20	3.36	0.6	27.27	89.96	3.15	0.64	1.83	11.26
	Total	149	596	100	2.2	100	2 853	100	35.04	100	100
3	<i>Q. mexicana</i>	43	172	40.95	0.6	15	1 428.42	51.39	21.53	64.74	35.78
	<i>Q. polymorpha</i>	2	8	1.90	0.6	15	76.20	2.74	0.66	1.99	6.55
	<i>P. pseudostrabus</i>	37	148	35.24	0.8	20	771.60	27.76	6.77	20.34	27.67
	<i>Q. rugosa</i>	5	20	4.76	0.8	20	166.66	6	1.78	5.36	10.25
	<i>P. teocote</i>	16	64	15.24	0.8	20	303.6	10.92	2.48	7.44	15.39
	<i>A. xalapensis</i>	2	8	1.90	0.4	10	32.92	1.18	0.04	0.13	4.36
	Total	105	420	100	4	100	2 779.4	100	33.26	100	100
4	<i>A. xalapensis</i>	30	120	20.8	0.4	11.76	515.20	18.36	1.81	9.2	16.99
	<i>J. flaccida</i>	4	16	2.78	0.2	5.88	77.14	2.75	0.23	1.2	3.80
	<i>P. pseudostrabus</i>	9	36	6.25	0.8	23.53	189.66	6.76	1.48	7.6	12.18
	<i>P. teocote</i>	35	140	24.3	0.8	23.53	773.80	27.58	8.18	42	25.14
	<i>Q. canbyi</i>	35	140	24.3	0.2	5.88	590.24	21.03	2.51	13	17.07
	<i>Q. laeta</i>	28	112	19.4	0.2	5.88	589	20.99	4.87	25	15.44
	<i>Q. rugosa</i>	3	12	2.08	0.8	23.53	71.10	2.53	0.47	2.4	9.38
	Total	144	576	100	0.4	100	2 806	100	19.55	100	100

No. Ind = Número de individuos; *Dr* = Densidad relativa; *Fr* = Frecuencia relativa; *ACr* = Área de Copa relativa; *ABr* = Área Basal; *IVI* = Índice de Valor de Importancia ($Dr+Fr+ABr$) /3.

Se calculó un mayor valor de importancia (*IVI*) para *Quercus* en los sitios S2, S3 y S4; en el caso de *Pinus* en el S1. Los taxa de mayor importancia de los sitios muestreados fueron *P. teocote*, *P. pseudostrabus*, *Q. rugosa* y *Q. mexicana*; comportamiento esperado, porque son bosques mixtos. Guzmán (2009) señaló que cuando un taxón alcanza el valor de importancia destacado, desempeña una clara dominancia ecológica; y es común que unas cuantas especies, con valores de importancia más altos, representen las poblaciones más significativas de los ecosistemas.

Por el contrario, cuando la competencia en el sitio está repartida en varias especies, ninguna de ellas supera 50 % del valor de importancia. En general, los sitios muestreados se localizan en áreas bajo manejo forestal que no han sido intervenidos hasta el momento, y que incluyen especies de interés económico; por lo que, si se les aplican los tratamientos silvícolas correspondientes, se favorecería su densidad, frecuencia, cobertura y área basal. No obstante, las dominancias genéricas hacen que en un sitio se observen bosques de pino-encino o encino-pino, lo que concuerda con lo documentado en el Ordenamiento Ecológico del estado de Durango para los bosques templados de la zona (Semarnat, 2007).

El área basal alcanzó el valor más alto en el S1 con $53.59 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, lo que puede explicarse por los diámetros superiores de *P. teocote*, y en menor proporción, en el S4 con $19.55 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, integrado de igual manera en su mayoría por *P. teocote* (Cuadro 3).

El estudio comparativo entre sitios permitió detectar variaciones estructurales y de composición que ocurren dentro de un mismo ecosistema. Aunque en términos generales, una misma especie de conífera o de latifoliada puede desarrollarse en diversos grados de pendiente u orientación, otras tienen preferencias por topoformas en particular (cerros, cañón, valle, loma, etc.) (Martínez-Antúnez *et al.*, 2013).

Estructura vertical (A de Pretzsch)

La estructura vertical de los sitios muestreados se distribuye en tres estratos, de los cuales el superior (I: > 80 % de la altura máxima) fue dominado por *P. teocote*, mismo que está presente en S1, S2 y S4 con las alturas más destacadas de 26 a 30 m, y para el S3 fue *P. pseudostrobus* con 22.93 m. Las alturas más bajas en el S1 correspondieron a *A. vejarii*; en el S2 y S3, a *Q. mexicana* y *Q. rugosa* en el S3. Los diámetros en este nivel variaron de 41.13 a 94.67 m. En el estrato II (> 50 %-80 %) domina *P. teocote* en los cuatro sitios de muestreo, con alturas de 17.90 a 24 m. Sin embargo, otras especies comienzan a aparecer como *P. pseudostrobus* en S1, S3 y S4; *A. vejarii* en el S2 y algunas especies de *Quercus*: *Q. cambyi*

y *Q. laeta* en el S4, *Q. mexicana* en S1, S2 y S3; *Q. polymorpha* Schltl. et Cham en S2 y S3; y *Q. rugosa* en S1 y S3. Cabe señalar que *Quercus* es un género tolerante a la sombra. Los diámetros en este nivel fueron de 31.07 a 66 m. El estrato III (hasta 50 %), del S4 presentó la diversidad más alta de especies, con los valores más grandes de altura *P. teocote*, pero *Q. rugosa* y *Q. mexicana* registraron los mayores diámetros en el S1 y S3 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores del índice de distribución vertical de *Pretzsch*.

Sitio	Estrato	Especie	No. Ind.	<i>D</i> _{1.30} (cm)				<i>H</i> (m)				<i>Pretzsch</i>		
				Max	Min	\bar{x}	SD	Max	Min	\bar{x}	SD	A	A _{max}	AreI%
1	I	<i>P. pseudostrobus</i>	7	74.87	55.30	65.37	7.83	29.30	25.91	27.88	1.42	1.02	2.48	41.07
		<i>P. teocote</i>	24	84.60	42.43	57.68	11.43	30.00	24.60	26.74	1.85			
	II	<i>P. pseudostrobus</i>	2	55.43	39.53	47.48	11.24	23.60	23.00	23.30	0.42			
		<i>P. teocote</i>	18	59.47	31.17	44.84	7.74	24.00	16.00	22.07	1.84			
		<i>Q. mexicana</i>	1	45.17	45.17	45.17	-	18.00	18.00	18.00	-			
		<i>Q. rugosa</i>	2	59.67	32.80	46.23	19.00	19.00	17.80	18.40	0.85			
	III	<i>P. teocote</i>	2	18.37	16.03	17.20	1.65	13.80	10.10	11.95	2.62			
		<i>Q. mexicana</i>	2	40.53	21.10	30.82	13.74	11.00	9.00	10.00	1.41			
		<i>Q. rugosa</i>	13	41.73	7.67	19.41	10.43	15.00	5.00	8.73	3.30			
	Total			71	84.60	7.67	45.50	18.49	30	5	20.95			
2	I	<i>A. vejarii</i>	3	41.13	37.20	38.57	2.22	23.90	22.69	23.11	0.68	1.05	2.48	42.07
		<i>P. teocote</i>	14	56.93	34.23	44.01	5.97	26.92	21.67	23.83	1.57			
		<i>Q. mexicana</i>	11	44.57	33.93	38.07	3.42	25.74	21.59	22.78	1.27			
	II	<i>A. vejarii</i>	20	31.07	14.00	20.96	4.08	19.91	15.10	17.04	1.37			
		<i>P. teocote</i>	13	35.07	17.57	25.29	5.31	21.19	16.10	18.53	1.58			
		<i>Q. mexicana</i>	58	42.33	14.00	24.94	5.78	21.14	13.60	16.74	2.21			
		<i>Q. polymorpha</i>	2	32.77	17.80	25.28	10.58	17.54	13.92	15.73	2.56			
	III	<i>A. vejarii</i>	5	14.70	7.67	9.83	2.79	12.00	6.59	8.84	2.00			
		<i>Q. mexicana</i>	20	20.07	11.83	15.81	2.56	13.24	7.16	10.84	1.92			
		<i>Q. polymorpha</i>	3	17.60	12.10	14.54	2.80	12.10	10.39	10.99	0.96			
Total			149	56.93	7.67	25.53	9.85	26.92	6.59	17	4.38			
3	I	<i>P. pseudostrobus</i>	5	61.27	45.67	53.85	7.43	22.93	21.50	21.99	0.57	1.32	2.89	45.52
		<i>Q. mexicana</i>	2	94.67	76.83	85.75	12.61	21.56	18.64	20.10	2.06			
		<i>Q. rugosa</i>	1	43.33	43.33	43.33	-	18.80	18.80	18.80	-			
	II	<i>P. pseudostrobus</i>	7	33.87	15.70	20.69	6.57	14.60	11.72	13.38	0.95			
		<i>P. teocote</i>	5	42.43	17.20	32.71	13.19	17.90	12.60	15.56	2.44			
		<i>Q. mexicana</i>	30	66.00	18.73	38.49	13.74	17.82	11.62	14.97	2.05			
		<i>Q. polymorpha</i>	2	38.80	24.50	31.65	10.11	15.30	14.43	14.87	0.62			
		<i>Q. rugosa</i>	4	39.47	17.83	29.25	11.13	15.80	11.50	13.68	1.76			
	III	<i>A. xalapensis</i>	2	8.73	7.93	8.33	0.57	6.69	4.00	5.35	1.90			
		<i>P. pseudostrobus</i>	25	17.87	9.07	11.75	2.20	10.75	5.63	8.58	1.68			
<i>P. teocote</i>		11	17.97	7.97	12.66	2.72	10.60	5.00	9.06	1.73				
<i>Q. mexicana</i>		11	40.17	7.77	16.50	8.78	10.53	4.47	7.07	2.06				

Total		105	94.67	7.77	26.27	17.92	22.93	4	12.16	4.97			
I	<i>P. teocote</i>	7	56.10	27.67	38.90	9.22	26.60	21.50	23.57	1.90			
	<i>P. pseudostrobus</i>	2	44.40	33.07	38.73	8.01	18.73	15.89	17.31	2.01			
II	<i>P. teocote</i>	22	42.33	9.83	24.06	7.59	20.80	14.60	18.04	1.98			
	<i>Q. cambyi</i>	6	31.30	15.33	22.96	5.59	14.80	13.60	14.08	0.40			
	<i>Q. laeta</i>	9	55.80	19.28	33.26	12.15	17.62	14.50	16.45	1.13			
4	<i>A. xalapensis</i>	30	23.33	7.67	13.20	4.28	9.60	3.10	6.59	1.89	1.69	3.04	55.39
	<i>J. flaccida</i>	4	16.00	10.33	13.43	2.82	11.30	7.60	9.77	1.58			
	<i>P. pseudostrobus</i>	7	23.33	11.57	14.80	4.21	12.60	10.40	11.61	0.70			
	III	<i>P. teocote</i>	6	14.83	10.97	12.66	1.69	13.20	11.10	12.08	0.81		
	<i>Q. cambyi</i>	29	23.37	7.73	12.23	3.47	12.80	7.00	10.06	1.40			
	<i>Q. laeta</i>	19	23.43	9.03	14.49	4.48	12.00	4.12	8.39	2.25			
	<i>Q. rugosa</i>	3	30.00	12.53	21.08	8.74	11.60	7.20	9.63	2.24			
Total		144	56.10	7.67	18.32	9.84	26.60	3.10	11.80	5.04			

No. Ind = Número de individuos; Max= Valor máximo; Min= Valor mínimo; D_{130} = Diámetro normal; H = Altura; \bar{x} = Media; SD = Desviación estándar.

El índice vertical estimado fue de $A=1.02$ a 1.69 y un $A_{max}=2.48$ a 3.04 en los sitios de muestreo, el más alto se ubicó en S4 con un $A_{rel}=55.39\%$; lo que indica que el sitio evaluado tiene uniformidad media en la diversidad de alturas (Cuadro 4). Estos resultados son comparables con los documentados por Buendía-Rodríguez *et al.* (2019) de $A=1.5$ a 2.53 , con $A_{max}=2.48$ a 3.5 en 10 sitios de clima templado del noreste de México.

Conclusiones

Los resultados revelan que los sitios muestreados en este estudio son heterogéneos y de baja similitud. Las especies con mayor valor de importancia ecológica son *P. teocote*, *P. pseudostrobus* y *Q. mexicana*, de las cuales la primera ocupa un área basal superior en S1; *Q. mexicana* registra el número más alto de árboles en S2 y S3, y la mayor diversidad de especies en S4. No obstante, los valores de los índices de diversidad (*Shannon*, *Simpson*) y riqueza (*Margalef*, *Menhinick*) calculados son relativamente bajos en comparación con los determinados en bosques de clima templado en México. En función de la distribución diamétrica, se identifican algunos

de los árboles de mayor dimensión dentro de las áreas de estudio, lo que es de interés para los manejadores del bosque al momento de hacer remociones del arbolado que ha alcanzado su madurez, sin perjudicar la estabilidad del ecosistema. Mediante la estratificación de las alturas, a través del índice de *Pretzsch*, se proporciona un panorama detallado de la estructura vertical de las especies que conforman los sitios de muestreo. Los resultados obtenidos, así como los datos descriptivos de este trabajo son útiles como referencia de los cambios que experimentan los bosques en estas áreas y a través del tiempo aplicar el manejo forestal correspondiente.

Agradecimientos

El primer autor desea expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo de beca de posgrado Núm. 469568, así como al Laboratorio de Geomatica de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Gyorgy Eduardo Manzanilla Quijada: diseño del estudio, toma de datos en campo, análisis de datos y redacción del manuscrito; José Manuel Mata Balderas, Eduardo Javier Treviño Garza y Óscar Alberto Aguirre Calderón: coordinación de los análisis de datos, redacción y revisión del manuscrito; Eduardo Alanís Rodríguez y José Israel Yerena Yamallel: revisión del manuscrito.

Referencias

- Aguirre C., O. A. 2002. Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Ciencia Forestal en México* 27(92): 5-27.
- Aguirre-Calderón, O. A. 2015. Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques* 21: 17-28. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>.
- Aragón-Piña, E. E., A. Garza-Herrera, M. S. González-Elizondo e I. Luna-Vega. 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.
- Bailey, R. L., and T. R. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science* 19(2): 97-104. Doi: [h10.1093/forestscience/19.2.97](https://doi.org/10.1093/forestscience/19.2.97).
- Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs* 27(4): 325-349. Doi: [10.2307/1942268](https://doi.org/10.2307/1942268).
- Buendía-Rodríguez, E., E. J. Treviño-Garza, E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle y M. Pompa-García. 2019. Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de carbono en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10(54): 4-25. Doi: [10.29298/rmcf.v10i54.149](https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i54.149).
- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Musálem-Santiago y R. López-Aguillón. 2008. Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 14 (2): 51-63. Doi:[10.21829/myb.2008.1421212](https://doi.org/10.21829/myb.2008.1421212).

- Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez y A. Velázquez-Martínez. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 39-52. Doi:10.29298/rmcf.v1i2.636.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Zapopan, Jal., México. 69 p.
- Corral, J., Ó. A. Aguirre, J. Jiménez y S. Corral. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14(2): 217-228.
- Corral-Rivas, J. J., B. Vargas L., C. Wehenkel, O. A. Aguirre C., J. G. Álvarez G. y A. Rojo A. 2009. Guía para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en bosques del estado de Durango. Editorial UJED. Durango, Dgo., México. 81 p.
- De León M., G. D., A. García A., S. Andrade H. y A. Ruíz M. 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.
- del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: índices de diversidad estructural en masa forestales. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 12(1): 159-176.
- Delgado Z., D. A., S. A. Heynes S., M. D. Mares Q., N. L. Piedra L., F. I. Retana R., K. Rodríguez C., A. I. Villanueva H., M. S. González E. y L. Ruacho-González. 2016. Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(33): 94-107. Doi: 10.29298/rmcf.v7i33.92.

Domínguez G., T. G., B. N. Hernández G., H. González R., I. Cantú S., E. Alanís R. y M. D. Alvarado S. 2018. Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50): 9-34. Doi: 10.29298/rmcf.v9i50.227.

Gadow, K. V., S. Sánchez O. y J. G. Álvarez G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Universidad de Göttingen. Göttingen, Alemania. 279 p.

Gaines, W. L. 1999. Monitoring biodiversity: quantification and interpretation (Vol. 443). US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Portland, OR USA. 27 p.

García-Arévalo, A. 2008. Vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez del norte de México. *Polibotánica* (25): 45-68.

Gernandt, D. S., y J. A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (85): 126-133. Doi: 10.7550/rmb.32195.

González-Elizondo, M. S., M. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, L. Ruacho-González e I. L. López-Enríquez 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* (100): 351-403. Doi: 10.21829/abm100.2012.40.

González M., F. 2003. Las comunidades vegetales de México: propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F., México. 82 p.

Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, Ó. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza y A. Mora-Olivo. 2017. Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques* 23(3): 137-146. Doi: 10.21829/myb.2017.2331480.

Guzmán L., M. A. 2009. Distribución, sistemática, y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis* spp. (L.) en el estado de Nuevo León, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N. L., México. 197 p.

Hernández S., J. 2012. Efecto del manejo forestal en la diversidad, composición y estructura de un bosque de *Pinus arizonica* ENGEL, en el Ejido el Largo, Chihuahua. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L., México. 127 p.

Hernández-Salas, J., Ó. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J., Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García y L. A. Domínguez-Pereda. 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): 189-200.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi). 2017. Anuario Estadístico y geográfico de Nuevo León 2017.

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094911.pdf (4 de junio de 2020).

Jiménez, J., Ó. A. Aguirre y H. Kramer, 2008. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 10(2): 355-366.

Lähde, E., O. Laiho, Y. Norokorpi and T. Saksa, 1999. Stand structure as the basis of diversity index. Forest Ecology Management 115(2-3): 213-220. Doi: 10.1016/S0378-1127(98)00400-9.

Lamprecht, H. 1962. Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. Acta Científica Venezolana 13(2): 1-57.

López-Gómez, V., P. Zedillo-Avelleyra, S. Y. Anaya-Hong, E. González-Lozada. y Z. Cano-Santana. 2012. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences* 90(4): 453-457. Doi: 10.17129/botsoci.473.

López-Hernández, J. A., Ó. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez-González G., M. A. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez. 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.

Louman, B., D. Quiroz y M. Nilson. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 46. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.

Lübbers, P. 1997. Diversitätsindices und Stichprobenverfahren. *In*: Pelz, D. (Comp.). *Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Biometrie und Informatik. Abt. Forstl. Biometrie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland.* pp. 50-58.

Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición.* Ediciones Vedral. Barcelona, España. 200 p.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity. The commonness and rarity of species.* Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. 256 p.

Martínez-Atúnez, P., C. Wehenkel, J. C. Hernández-Díaz, M. González-Elizondo, J. J. Corral-Rivas and A. Pinedo-Álvarez. 2013. Effect of climate and physiography on the density of tree and shrub species in Northwest Mexico. *Polish Journal of Ecology* 61 (2): 295—307.

- McAleece, N., P. J. Lamshead, G. L. Paterson and J. D. Cage 1997. Biodiversity Professional (V.2.0). Natural History Museum and Scottish Association for Marine Science. Oban, UK
<http://www.sams.ac.uk/research/software/software/?searchterm=Biodiversity%20Pro> (13 de octubre de 2019).
- Minitab, 2014. MINITAB 16. Inc: State College, PA. USA.
<http://www.minitab.com/es-mx/> (1 de junio de 2020).
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Vol. I. Zaragoza, España. 84 p.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Müller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY USA 547 p.
- Návar-Cháidez, J. J. 2010. Los bosques templados del estado de Nuevo León: el manejo sustentable para bienes y servicios ambientales. *Madera y Bosques* 16(1): 51-69. Doi: 10.21829/myb.2010.1611179.
- Návar-Cháidez, J. J. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* (27): 71-87.
- Pretzsch, H. 1996. Diversidad estructural como resultado del comercio silvícola. *Memorias de la Reunión Anual de la Asociación Alemana de Institutos de Investigación Forestal. Sección de Ciencias de Rendimiento. Neresheim, Baden-Württemberg, Alemania.* pp. 134-154.
- Pretzsch, H. 2009. *Forest dynamics, growth and yield. From measurement to model.* Springer-Verlag Berlín. Heidelberg, Germany. 664 p.

- Ríos-Saucedo, J. C., L. M. Valenzuela-Núñez y R. Rosales-Serna. 2019. Evaluación de la biodiversidad vegetal en áreas de bosque templado en Durango, México. Universidad Galileo Galilei Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Ciencia e Innovación* 2(1): 185-206.
- Rodríguez T., D. A. and R. L. Myers. 2010. Using oak characteristics to guide fire regime restoration in Mexican pine-oak and oak forests. *Ecological Restoration* 28(3): 304-323. Doi: 10.1353/ecr.2010.0009.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1^{ra} Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 504 p.
- Sánchez-González, 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.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2007. Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango. Gobierno del Estado de Durango-Semarnat. Durango, Dgo., México. 194 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2014. Ecosistemas terrestres, el medio ambiente en México 2013-2014. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/02_ecosistemas/2_4.htm (1 de octubre de 2019).
- Shannon, C. E. 1948. The mathematical theory of communication. *In*: Shannon, C. E. and W. Weaver (eds.). University of Illinois Press. Champaign, IL USA. pp. 134-154.
- Solís M., R., Ó. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y. y J. Corral-Rivas. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques* 12 (2): 49-64. Doi: 10.21829/myb.2006.1221242.

The Plant List. 2013. The Plant List Version 1.1. <http://www.theplantlist.org/>
(2 de septiembre de 2019).

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Botanical Sciences* (75): 33-53. Doi: 10.17129/botsci.1692.

Valenzuela N., L. M. y D. Granados S. 2009. Caracterización fisonómica 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.

Villarreal, H., M. Álvarez, F. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21 (2-3): 213-251. Doi: 10.2307/1218190.

Zúñiga V., J. M., E. A. Martínez L., C. Navarrete G., J. J. Graciano L., D. Maldonado A y B. Cano M. 2018. Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 26(73): 27-36. Doi: 10.33064/iycuaa201873204.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.