

Asociaciones y competencia entre géneros en parcelas permanentes establecidas en el norte de Durango

Associations and competition between genders in permanent plots established in the north of Durango

Jesús Manuel Rascón Ayala
Oscar Alberto Aguirre Calderón*
Eduardo Alanís Rodríguez
Marco Aurelio González Tagle
Javier Jiménez Pérez

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145. Apartado Postal 41. C. P. 67700, Linares, N. L. México.

Benedicto Vargas Larreta
Instituto Tecnológico de El Salto. Mesa del Tecnológico s/n. C. P. 34942. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

José Javier Corral Rivas
Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Bulevar del Guadiana núm. 501, Ciudad Universitaria, Torre de Investigación. C. P. 34120. Durango, Dgo., México.

*Autor para correspondencia: oaguirre16@gmail.com

Resumen

Los procesos ecosistémicos que se realizan dentro de los ecosistemas forestales tienen una relación muy estrecha con la estructura que estos pueden mostrar, por ello poder caracterizarla permite crear mejores estrategias que permitan mantenerlo y mejorarlos. El presente estudio se elaboró a fin de determinar las relaciones y competencia de *Picea chihuahuana*, *Abies*, *Pseudotsuga* y *Cupressus*, con base en el crecimiento, desarrollo y diferentes tipos de mezcla de especies en un bosque templado de Durango. Se empleó un análisis de patrón de puntos para evaluar agregación, mezcla de especies, dominancia y diferenciación dimensional. Los datos dasométricos se obtuvieron de 10 parcelas permanentes (2500 m²), considerando: diámetro >7.5 cm, altura, azimut y distancia. Se estimó el IVI y diferentes índices de diversidad; además, se analizaron un total de 1576 grupos estructurales. La densidad promedio para las áreas evaluadas fue de 629 N ha⁻¹ destacando *Pinus* con 660 N ha⁻¹, los géneros con mayor IVI fueron *Pinus* y *Picea*. En cuanto a diversidad verdadera la parcela obtuvo el valor más alto. A través del índice de agregación de Clark & Evans, el 90% de las áreas mostraron una tendencia de agrupación en los géneros incluidos. Por medio de los índices de vecindad las áreas mostraron una mezcla es moderada, con una distribución aleatoria y estructuralmente co-dominante.

Palabras clave: Agregación, Densidad, Diversidad verdadera, IVI, Mezcla de especies, *Picea*.

Abstract

The ecosystem processes that take place within forest ecosystems have a very close relationship with the structure that they can show, therefore being able to characterize it allows creating better strategies to maintain and improve them. The present study was elaborated to determine the relationships and competition of *Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga* and *Cupressus*, based on the growth, development, and different types of species mixture in a temperate forest of Durango. A dot pattern analysis was used to evaluate aggregation, species mixture, dominance, and dimensional differentiation. The dasometric data were obtained from 10 permanent plots (2500 m²), considering: diameter > 7.5 cm, height, azimuth, and distance. IVI and different diversity indices were estimated; in addition, a total of 1576 structural groups were analyzed. The average density for the evaluated areas was 629 N ha⁻¹, highlighting *Pinus* with 660 N ha⁻¹, the genera with the highest IVI were *Pinus* and *Picea*. Regarding true diversity, the plot obtained the highest value. Through the Clark & Evans aggregation index, 90% of the areas showed a clustering trend in the genres included. Through the neighborhood indices, the areas showed a moderate mix, with a random and structurally co-dominant distribution.

Keywords: Aggregation, Density, True diversity, IVI, Species mixture, Spruce.

Introducción

Los bosques templados en México engloban alrededor de 46 millones de hectáreas, equivalente a 23.4% del territorio nacional, mismas que tienen una distribución en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal (González, 2003; Manzanilla *et al.*, 2020). Dentro de estos sistemas montañosos la diversidad de especies es muy amplia, donde los géneros *Pinus* y *Quercus* contemplan una gran cantidad de especies. También existe la presencia de especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059. En las que sus poblaciones han sido fragmentadas, como: *Picea chihuahuana*, *Abies sp* y *Pseudotsuga menziesii* donde el establecimiento y desarrollo está cada vez más comprometida (Reyes-Hernández *et al.*, 2006; González-Elizondo *et al.*, 2012).

Entre los diferentes géneros que los bosques templados abrigan, *Picea* es de gran importancia, ya que su distribución está restringida por variables climáticas y topográficas muy particulares (González *et al.*, 2007) limitando la superficie para su desarrollo llegando a considerarle como un relicto (García y González, 1998; García-Arévalo, 2008). Además, las poblaciones de *Picea* suelen estar condicionadas por la competencia con otras especies, como son: *Abies sp* y *Pseudotsuga*, *Cupressus* y *Populus* (García-Arévalo, 2008).

La pérdida y degradación de los hábitats donde estas especies tienden a desarrollarse puede aludirse principalmente a la fragmentación por actividades silvícolas impactando fuertemente en la diversidad de especies (Lindenmayer y Franklin, 2002; Valdés-Castillo, 2018). Es por lo que para establecer mejores estrategias de manejo sobre todo es especies vulnerables es necesario caracterizar la estructura horizontal y vertical de las masas arbóreas para entender mejor su comportamiento (Aguirre, 2015; García-García *et al.*, 2020).

Para caracterizar las masas forestales la forma más adecuada es realizar una descripción de la estructura espacial, diversidad y dimensional de las especies, sus vecinos más cercanos y la distancia a la que estas se encuentran (Gadow *et al.*, 2001; Kulik *et al.*, 2019). Para evaluar los parámetros

mencionados es necesario utilizar la diferenciación dimensional entre individuos, la cual permite describir la estructura de la población con base en las relaciones de proximidad de las distintas especies; asimismo, debe integrarse la mezcla y uniformidad de especies (Füldner y Gadow, 1994; Juárez-Sánchez *et al.*, 2014). Por otro lado, es necesario determinar que especies son más dominantes de acuerdo con la importancia ecológica que estas presenta, misma que puede determinarse a través de la abundancia, frecuencia y dominancia (Saravanan *et al.*, 2013). Por lo anterior el objetivo del estudio fue determinar las relaciones y competencia de *Picea chihuahuana*, *Abies*, *Pseudotsuga* y *Cupressus*, con base en diferentes tipos de mezcla de especies en un bosque templado del estado de Durango.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio está ubicada en el macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental (SMO) dentro del municipio de Guanaceví, ubicándose Noroeste del Estado de Durango. Se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas 26° 8' 46.77" N y 106° 22' 55.46" W, con una altitud promedio de 2800 msnm

Conforme con la clasificación de Köppen modificada por García, (1988); los tipos de clima predominantes en el área son: semifrío subhúmedo con dos subdivisiones: C (E) (w2) y C(E)(W2)(x'); la variación de temperatura oscila entre 10° a 12° C; las lluvias suelen presentarse en verano y sequías en invierno las cuales van desde 700 mm a 1000 mm (González *et al.*, 2012; Quiñones-Barraza *et al.*, 2012).

Los tipos de suelo presentan asociaciones entre Regosol, Litosol, y Feozem, principalmente. Los tipos de vegetación existente es bosque de pino.

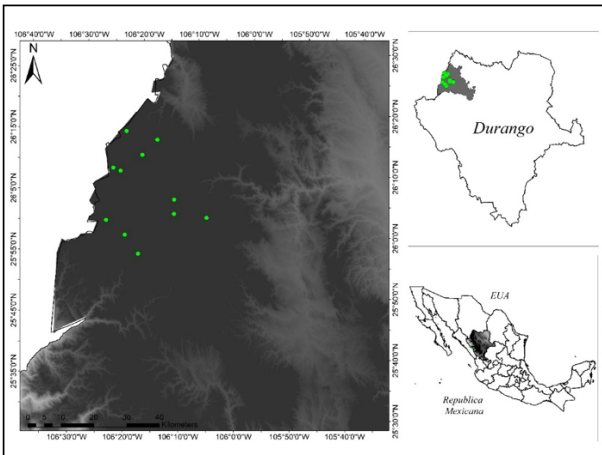


Figura 1. Localización de los sitios permanentes de muestreo en la área de estudio.

Obtención y análisis de información

La obtención de datos dasométricos se obtuvo de 10 parcelas de monitoreo forestal permanente con una superficie de 2500m², las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en un rango altitudinal de que osciló de 2600 a 2900 msnm. Se consideraron: diámetro normal (>7.5 cm), Altura total (H), Azimut (°), Distancia y registros de cada especie.

Se determinó el Índice de valor de importancia (IVI) en las áreas evaluadas, el cual determinó un valor porcentual en escala de 0 a 100 (Jiménez *et al.*, 2012; Alanís *et al.*, 2020), a través de la sumatoria de los parámetros: abundancia (a través de la densidad de individuos), frecuencia (presencia de especies en los sitios de muestreo) y dominancia (por medio del área basal). Para el cálculo del IVI se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$A_i = N_i/S$$

$$AR_i = \left[\frac{A_i}{\sum A_i} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde: A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, es el número de individuos de la especie i , S la superficie de muestreo (ha).

$$Ab = \left(\frac{\pi}{4} \right) \cdot d^2$$

Donde: π es el coeficiente que multiplicado por el diámetro nos indica la longitud de la circunferencia, d es el diámetro a la altura de 1.30 m.

$$D_i = A_b/S$$

$$DR_i = \left[\frac{D_i}{\sum D_i} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde: D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i , con respecto a la dominancia total, Ab el área basal de la especie i , y S la superficie (ha).

El índice de valor de importancia (IVI) se define como la sumatoria de los tres conceptos anteriores (Whittaker, 1972; Dávila *et al.*, 2019) y tiene la siguiente expresión matemática:

$$IVI = \frac{(AR_i + FR_i + DR_i)}{3} \quad (3)$$

Para estimar la diversidad de especies se utilizó el índice de Shannon-Weaver (H') mediante las fórmulas de (Shannon 1948, Marrugan 2004):

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln(P_i)$$

$$P_i = n_i/N \quad (4)$$

$${}^1D = (H') \quad (5)$$

Donde: N número total de individuos, n_i es el número de individuos de la especie i y P_i es la proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos.

El índice de diversidad de Menhinick se reportó por Whittaker (1972) como:

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

Donde: S =especies recolectadas N =número total de individuos sumando todos los de las especies.

El índice de Margalef se utiliza para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{Ln N}$$

Donde= S = número de especies, N = número total de individuos.

El índice de dominancia de Simpson (1949), Nívar y González, (2009).

$$D = \sum p_i^2$$

Donde: p = abundancia proporcional de la especie
Para la caracterización de la estructura espacial se aplicaron índices basados en la vecindad entre árboles, utilizando la técnica de “Grupo estructural de los 5 árboles” (Hui y Hu, 2001), la cual toma como referencia un árbol (i) y sus cuatro vecinos más próximos (Corral *et al.*, 2005; Pommerening, 2006). Se calcularon los índices de uniformidad de ángulos, mezcla de especies, dominancia y diferenciación dimensional.

Índice de agregación de Clark & Evans, (1954): Se basa en las relaciones de distancia entre árboles vecinos. Para todos los árboles N de una superficie A , se obtienen las distancias r_i ($i = 1...N$) a su vecino más próximo.

La distancia media (\bar{r} observada) se relaciona con la distancia media esperada para la distribución aleatoria del arbolado (\bar{r} esperada). La interpretación de los valores de este índice es como sigue: $CE > 1$: la distribución de los árboles tiene una tendencia a la regularidad, $CE \approx 1$: la distribución de los árboles es aleatoria y $CE < 1$: los árboles tienden a agruparse. Para probar si los valores estimados para este índice son diferentes de 1, se evalúa la hipótesis: $H_0 : CE = 1$ y $H_1 : CE \neq 1$.

$$CE_i = \frac{\bar{r} \text{ observada}}{\bar{r} \text{ esperada}}; \bar{r} \text{ esperada} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2N}{A}}}$$

Donde: CE_i =Índice de agregación de la parcela i ; N = número de observaciones; A =superficie (m²)

Índice de uniformidad de ángulos (W_i): Este índice representa la similitud o anormalidad en la distribución del arbolado (Aguirre, 2004; Gadow *et al.*, 2007). Se basa en la medición de ángulos, conociendo la relación entre arboles vecinos con respecto a un ángulo de referencia α_0 y puede tomar valores de 0 hasta 1, donde un valor contiguo

a cero representa escenarios de regularidad, valores cercanos a 0.50 manifiestan tendencia a distribución aleatoria y los próximos a 1 presentan condiciones de agrupamiento para el cálculo del índice de ángulos se aplica la siguiente ecuación (Gadow *et al.*, 1998):

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij}$$

Donde: W_i = valor del índice para el j -ésimo árbol referencia, n = es el número de árboles vecinos considerados, V_{ij} = variable 1 cuando el j -ésimo ángulo α entre dos árboles vecinos próximos es menor o igual al ángulo estándar α , en caso contrario toma un valor de 0.

Índice de mezcla de especies. Se calculó con base en el Índice de mezcla de especies (M_i), este puede calcular la diversidad en la distribución espacial y mostrar el grado de mezcla entre estas (Füldner, 1995). Se define como la proporción de n vecinos diferentes al árbol de referencia, el cual toma en cuenta los cuatro vecinos más cercanos. Para el cálculo de este índice, se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j$$

Donde: $0 \leq M_i \leq 1$, v_j es igual a 0 cuando el árbol j es una especie igual que el árbol de referencia i y será 1 en caso opuesto (Gadow, *et al.*, 2007).

Índice de Dominancia dimensional (U_i). Se define como la dominancia de un árbol de referencia i con relación a sus vecinos más próximos, referido a la proporción de n arboles con dimensiones más pequeñas (diámetro y altura) que el árbol de referencia. Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j$$

Donde: $0 \leq U_i \leq 1$ y v_j será igual a 1 si el árbol j es menor al árbol referencia i , y 0 en caso opuesto. Con cuatro vecinos el índice de dominancia U_i puede tomar 5 valores y es de gran utilidad cuando se desea conocer la dominancia relativa de una especie en particular (Gadow *et al.*, 2007).

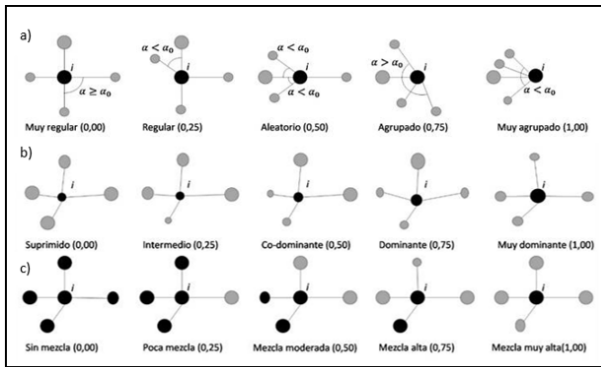


Figura 2. Representación gráfica de los índices estructurales de distribución espacial.

Para el cálculo de índices estructurales se utilizó el Software estadístico SAS 2009, a través del cual se utilizaron simulaciones “Bootstrap” para calcular la diferencia entre medias con un IC del 95% (Mair, Wilcox y Schoenbrodt, 2015; Wilcox, 2005).

Resultados

Dentro de las áreas evaluadas se registraron un total de 7 especies distribuidas en 4 familias, identificando los géneros Pinus como el más abundante, seguido por: *Quercus*, *Cupressus*, *Populus*, *Pseudotsuga*, *Picea* y *Prunus*.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de las características dasométricas de las especies presentes en los sitios permanentes utilizadas para la descripción de la estructura de los rodales con presencia de *Picea*, *Abies* y *Cupressus*.

La densidad total evaluada fue de 6,268 N ha⁻¹, los cuales el valor más alto se registró en la parcela 10 con 1,164 N ha⁻¹ y el valor más bajo lo obtuvo la parcela 5 con 432 N ha⁻¹. En cuanto diámetro medio, los registros mostraron un valor superior en la parcela 1 con un promedio de 24.03 cm; por el contrario, las parcelas 3 y 7 mostraron los promedios más bajos con 12.9 y 11.75 cm. El promedio de altura osciló de 6.46 m a 12.8 m, donde la parcela 8 registró el valor más alto y la 7 el menor. De acuerdo con los resultados de área basal el total para las áreas evaluadas fue de 73.49 m²·ha⁻¹ con un promedio de 7.45 m²·ha⁻¹, este caso particular la parcela 3 mostró el menor valor con 3.27 m²·ha⁻¹; contrariamente, la parcela 8 obtuvo el valor más alto con 14.6 m²·ha⁻¹. La altura dominante fue 43.42 m, donde fue posible identificar tres estratos de altura con diferencia de

10 m entre estas ya que las parcelas 3 y 10 mostraron promedios de 18.18 m y 20.14 m, resultando un 50% aproximadamente menor en comparación con la parcela 9 con un promedio de 43.42 m (Cuadro 1).

Cuadro 1 Resumen de las características dasométricas de las parcelas permanentes.

Parcela	S	\bar{d}	\bar{h}	n	N ha ⁻¹	g	H0
1	4	24.03	13.3	38	152	4.16	33.64
2	5	18.16	11.86	133	532	5.83	28.58
3	5	12.9	7.69	266	1064	6	18.18
4	6	14.23	8.57	153	612	5.96	24.92
5	5	13.14	7.55	108	432	3.27	23.22
6	4	15.7	8.96	111	444	5.41	32.84
7	7	11.75	6.46	165	660	6.19	31.5
8	7	16.26	12.08	162	648	14.6	33.42
9	7	14.24	10	140	560	13.16	43.42
10	5	12.25	7.86	291	1164	8.91	20.14

Dónde: S = número de géneros registrados en la parcela, \bar{d} = diámetro medio (cm), \bar{h} = altura media (m), n = número de árboles en la parcela, N ha⁻¹ = número de árboles por hectárea, g = área basal (m² ha⁻¹), H0= altura dominante (m).

Asimismo, el Cuadro 2 muestra los valores dasométricos promedio por género reportado en cada parcela. En el total de parcelas se registró un total de 6,268 individuos con un promedio de 629 N ha⁻¹. El género más abundante fue *Pinus* con un promedio de 660 N ha⁻¹ (45.55%), seguido por *Quercus* y *Abies* con 237 N ha⁻¹ (16.36%) y 184 N ha⁻¹ (12.70%). *Picea* fue el género más abundante en la parcela 1 con un total de 22 N ha⁻¹; sin embargo, a nivel general registró solo 65 N ha⁻¹ (4.49%). Asimismo, en la parcela 8 el 5 alcanzó la densidad más alta con 78 N ha⁻¹.

Cuadro 2. Resumen de las características dasométricas de las parcelas permanentes y por especie.

Parcela	Género	d(cm)	h(cm)	D _{min} (cm)	D _{max} (cm)	H _{max} (m)	n	G(m ²)
1	<i>Picea</i>	24.08	13.31	8.0	57.5	36.5	22	2.02
1	<i>Pinus</i>	23.7	13.37	13.5	44	19.1	7	0.54
1	<i>Pseudotsuga</i>	23.05	13.80	11.5	79	36.2	8	1.56
1	<i>Populus</i>	17.2	16.1	17.2	17.2	16.1	1	0.02
2	<i>Picea</i>	11.15	18.72	11	55	31.5	23	1.40
2	<i>Pinus</i>	18.15	11.86	7.5	52.5	31.3	89	3.65
2	<i>Juniperus</i>	12.5	5.4	12.5	5.4	5.4	1	0.01
2	<i>Pseudotsuga</i>	15.38	11.15	8	48	25.1	9	0.28
2	<i>Populus</i>	17.25	11.05	9	37	15.9	11	0.46
3	<i>Abies</i>	14.44	9.03	7.7	26.69	16.6	11	0.26
3	<i>Pinus</i>	12.93	7.71	7.5	33.2	19.2	135	2.89
3	<i>Juniperus</i>	12.00	7.04	7.7	21.6	7.5	18	0.20
3	<i>Quercus</i>	12.90	7.68	7.5	61.8	19.2	271	2.48
3	<i>Arbutus</i>	12.89	7.82	7.7	38.5	12.1	3	0.15
4	<i>Abies</i>	14.19	8.57	7.7	93.3	28.2	56	2.43
4	<i>Pinus</i>	14.22	8.54	7.7	40.6	27.7	96	2.48
4	<i>Juniperus</i>	13.85	7.87	9.1	22.2	13.89	4	0.08
4	<i>Quercus</i>	14.09	7.96	14.2	78.8	23.6	11	1.80
4	<i>Arbutus</i>	14.08	8.29	8.0	16.0	7.9	17	0.20
4	<i>Populus</i>	17.52	11.05	9.0	37.0	15.9	11	0.46
5	<i>Abies</i>	12.51	6.90	7.5	16.9	13.5	12	0.13
5	<i>Pinus</i>	13.27	7.56	7.5	68.0	30.3	72	2.70
5	<i>Juniperus</i>	45.3	9.9	45.3	9.9	45.3	1	0.16
5	<i>Quercus</i>	12.18	6.29	7.6	19.5	9.1	6	0.10
5	<i>Populus</i>	13.05	7.47	7.5	18.9	10.2	17	0.15
6	<i>Abies</i>	17.10	9.19	7.7	117.8	44.3	40	3.36
6	<i>Pseudotsuga</i>	15.85	9.14	16.6	37.4	17.8	3	0.19
6	<i>Pinus</i>	15.84	8.94	7.7	34.4	23.1	46	1.46
6	<i>Quercus</i>	11	3.7	11	11	3.7	1	0.009
7	<i>Abies</i>	12.45	8.05	5.9	57	30.6	5	0.43
7	<i>Picea</i>	12.35	7.84	11.5	52.5	24.2	10	0.97
7	<i>Pseudotsuga</i>	12.47	7.93	6.2	41	28.3	21	0.68
7	<i>Cupressus</i>	12.40	7.82	6.0	21.5	10.5	19	0.19
7	<i>Juniperus</i>	12.25	7.84	5.0	89.0	22.7	34	1.10
7	<i>Pinus</i>	12.29	7.91	5.2	71	36	73	4.2
7	<i>Quercus</i>	13.08	9.11	30.5	90.7	30.8	3	1.24
8	<i>Abies</i>	14.40	10.17	5.4	64.6	32	37	3.23
8	<i>Picea</i>	15.12	9.65	5.0	66.9	33.2	3	0.35
8	<i>Pseudotsuga</i>	14.23	9.99	5.8	77.5	35	34	2.34
8	<i>Cupressus</i>	14.26	10.01	5.0	90	34.4	78	6.72
8	<i>Prunus</i>	10	9.0	10	10	9	1	0.007
8	<i>Pinus</i>	17.37	13.2	9	31.8	22.6	2	0.09
8	<i>Quercus</i>	14.47	10.55	7.5	49.6	28.9	7	0.40
9	<i>Abies</i>	16.85	12.62	6.2	55.4	38.7	19	0.84
9	<i>Picea</i>	16.30	12.31	16.5	91.1	46.2	7	2.65
9	<i>Cupressus</i>	16.07	11.96	5.3	79.5	34.3	80	8.63
9	<i>Pseudotsuga</i>	16.25	12.27	5	103.1	45.9	16	1.93
9	<i>Pinus</i>	48.5	29	48.5	48.5	29	1	0.18
9	<i>Quercus</i>	16.82	12.59	6	26	23.7	11	0.24
9	<i>Prunus</i>	15.72	11.62	12.5	18.2	10.1	6	0.10

10	<i>Abies</i>	11.83	6.52	7.6	42.5	23.6	37	1.56
10	<i>Juniperus</i>	11.81	6.50	7.5	48	16.8	23	0.88
10	<i>Pinus</i>	11.79	6.51	7.5	43.8	19.3	139	1.97
10	<i>Quercus</i>	12.79	6.45	7.5	38.4	12.09	78	1.51
10	<i>Arbutus</i>	11.83	6.48	7.5	27	9.1	14	0.25

D (cm)= Diámetro, H= Altura, D_{min}=Diámetro mínimo, D_{max}=Diámetro máximo, H_{max}=Altura máxima, n=Número de árboles, G (m²) = Área basal.

Los parámetros ecológicos abundancia, dominancia y frecuencia relativa, así como el valor de importancia de los géneros arbóreos más importantes calculados para las parcelas permanentes evaluadas se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valor de Importancia Ecológica (IVI) de los géneros registrados en las parcelas.

P	Género	N ha ⁻¹	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVI
1	<i>Picea</i>	22	21.57	9.08	69.15	47.87
	<i>Pinus</i>	7	34.31	10.4	1.06	16.14
	<i>Populus</i>	1	4.9	6.94	4.26	5.79
	<i>Pseudotsuga</i>	8	39.22	31.2	25.53	29.84
2	<i>Juniperus</i>	1	0.18	0.03	69.15	17.46
	<i>Pinus</i>	89	81.5	62.93	1.06	41.57
	<i>Populus</i>	11	10.07	7.93	4.26	5.79
	<i>Pseudotsuga</i>	9	8.24	4.83	25.53	11.52
3	<i>Picea</i>	23	21.06	24.14	24.47	23.87
	<i>Juniperus</i>	18	2.36	15.52	10.78	9.55
	<i>Pinus</i>	135	88.47	11.21	80.84	60.17
	<i>Arbutus</i>	3	1.97	0.58	1.8	1.45
	<i>Abies</i>	11	7.21	1.01	6.59	4.93
4	<i>Quercus</i>	99	64.88	9.62	59.28	44.59
	<i>Abies</i>	23	3.78	4.14	16.43	8.12
	<i>Arbutus</i>	17	13.98	3.37	12.14	9.86
	<i>Juniperus</i>	4	3.29	1.35	2.86	2.5
	<i>Pinus</i>	96	78.95	41.75	68.57	63.09
	<i>Populus</i>	2	1.64	2.53	1.43	1.87
5	<i>Quercus</i>	11	9.05	30.3	7.86	15.74
	<i>Pinus</i>	72	32.43	16.67	70.59	39.9
	<i>Abies</i>	12	27.03	4.01	11.76	16.27
	<i>Juniperus</i>	1	2.25	4.94	0.98	2.72
	<i>Populus</i>	17	38.29	4.63	16.67	19.53
6	<i>Quercus</i>	6	13.51	3.09	5.88	7.49
	<i>Abies</i>	40	10.13	12.47	36.04	19.54
	<i>Pinus</i>	46	58.23	21.15	41.44	40.27
	<i>Pseudotsuga</i>	3	3.8	3.53	2.7	3.34
7	<i>Quercus</i>	22	27.85	12.99	19.82	20.22
	<i>Abies</i>	5	0.62	0.97	3.03	4.62
	<i>Cupressus</i>	19	11.8	2.13	11.52	25.45
	<i>Juniperus</i>	34	21.12	12.35	20.61	54.07
	<i>Picea</i>	10	6.21	11.19	6.06	23.47
	<i>Pinus</i>	73	45.34	47.94	44.24	137.52
8	<i>Pseudotsuga</i>	21	130.4	7.63	12.73	33.41
	<i>Quercus</i>	3	1.86	13.92	1.82	17.6
	<i>Abies</i>	37	3.19	0.01	14.14	1.54
	<i>Pinus</i>	2	27.71	0.07	24.58	8.48
	<i>Cupressus</i>	78	36.83	33.88	32.66	18.02
	<i>Quercus</i>	7	12.91	5.39	11.45	7.82
9	<i>Picea</i>	3	10.25	6.52	9.09	45.84
	<i>Prunus</i>	1	1.14	14.86	1.01	11.14

9	<i>Pseudotsuga</i>	34	7.97	0.03	1.01	5.87
	<i>Abies</i>	19	3.04	1.16	13.57	5.92
	<i>Cupressus</i>	80	64.1	59.33	57.14	60.19
	<i>Quercus</i>	11	8.81	1.65	7.86	6.11
	<i>Picea</i>	7	5.61	18.03	5	9.55
	<i>Pinus</i>	1	0.8	1.24	0.71	0.92
	<i>Pseudotsuga</i>	16	12.82	13.28	11.43	12.51
10	<i>Prunus</i>	6	4.81	0.69	4.29	3.26
	<i>Abies</i>	37	2.83	5.01	12.71	6.85
	<i>Arbutus</i>	14	5.36	3.85	4.81	4.67
	<i>Juniperus</i>	23	8.8	14.13	7.9	10.28
	<i>Pinus</i>	139	53.18	31.62	47.77	44.19
	<i>Quercus</i>	78	29.84	25.36	26.8	27.33

Pinus obtuvo el mayor valor porcentual en siete parcelas, seguido por *Picea* en dos y *Cupressus* en una. En la parcela 1 y 8 *Picea* mostró los porcentajes más altos con valores de 47.87% y 45.84%, seguido por *Pseudotsuga* (29.84%) en la parcela 1 y *Cupressus* (18.02%) en la parcela 8. En la parcela 9 el más alto de IVI fue del género *Cupressus* con 60.19% seguido por *Pseudotsuga* (12.51%). *Pinus* fue más dominante en las parcelas 2 (41.57%), 3 (60.17%), 4 (63.09%), 5 (39.9%), 6(40.27%), 7 (137.52%) y 10 (44.19%). Lo anterior indica que las especies de pino son las más representativas e importantes desde el punto de vista ecológico en la mayoría de las áreas evaluadas; sin embargo, la presencia del género *Picea* y *Cupressus* es considerable, mostrando bosques mezclados de coníferas y otras hojosas.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de los índices de diversidad en las 10 parcelas evaluadas. Con respecto al índice de Margalef las parcelas 9, 7 y 4 mostraron los valores más altos con 1.21, 1.18 y 99 respectivamente. Para el índice de Menhinick los valores más altos los alcanzaron las parcelas 1 y 7 con 0.64 y 0.54. Con relación al índice de Simpson las parcelas 8 y 7 obtuvieron los resultados más altos con 0.83 y 0.73. A través del índice de diversidad verdadera de Shannon es posible observar que las áreas que presentan mayor cantidad de especies son 8 y 7, donde los valores fueron de 1.70 y 1.55.

Cuadro 5. Valores de índices de diversidad en las parcelas permanentes.

Parcela	Margalef	Menhinick	Simpson	Shannon
1	0.77	0.64	0.59	1.05
2	0.82	0.43	0.51	1.00
3	0.72	0.31	0.6	1.08
4	0.99	0.49	0.57	1.16
5	0.85	0.48	0.52	1.01
6	0.64	0.38	0.66	1.15
7	1.18	0.54	0.73	1.55
8	0.86	0.33	0.83	1.7
9	1.21	0.59	0.64	1.36
10	0.71	0.29	0.68	1.31

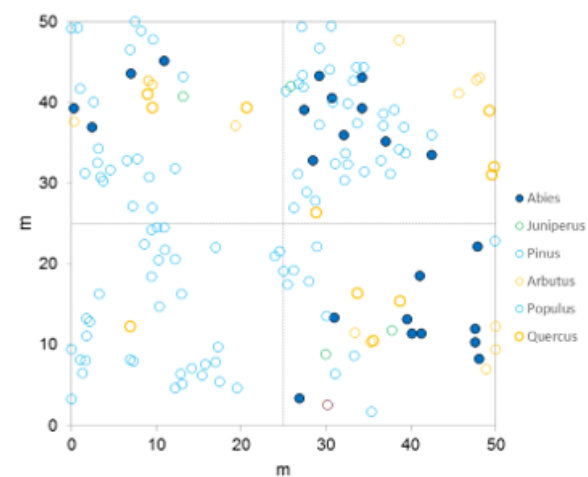
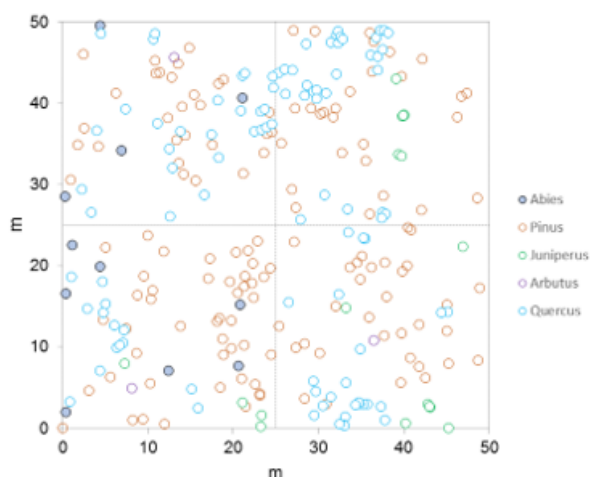
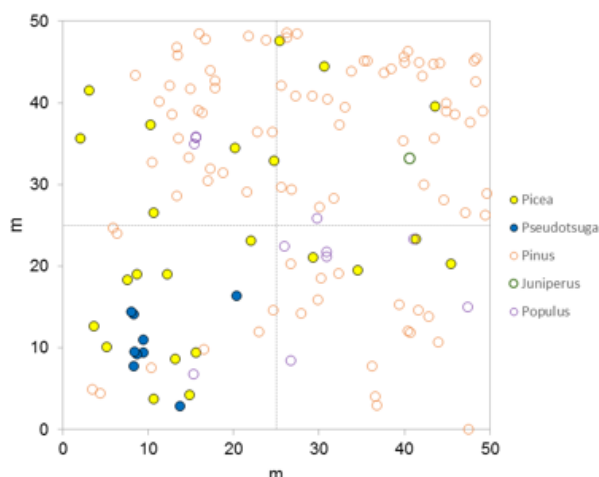
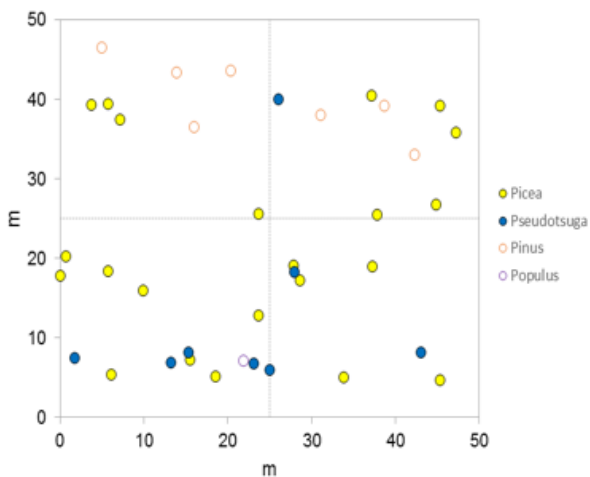
Índice de Clark & Evans (CE)

La Figura 3 representa la distribución espacial de las especies en las parcelas evaluadas, en las cuales se estimaron diferentes índices estructurales basados en vecindad. Los resultados generales de los índices de vecindad se estimaron con base en un total de 1576 grupos estructurales de cinco árboles, así como por género.

Los resultados del índice determinan que en el 90% de las parcelas la distribución espacial de los árboles es agrupada, ya que el valor del índice CE es inferior y significativamente diferente de uno; solo en una parcela (Parcela 1) la distribución de los árboles fue al azar (Cuadro 6). Los valores promedio estimados para las parcelas evaluadas, determinan que, en la mayoría, la distribución de las especies se da de forma agrupada solamente en una de ellas es de forma aleatoria. Lo resultados permiten identificar que la mayoría de las especies de los géneros analizados tienden a agruparse entre ellas, especialmente la agrupación se da entre *Pinus-Abies*, *Abies-Cupressus*, *Picea-Pseudotsuga* y *Picea-Pinus*, por lo cual la competencia entre estas disminuye el desarrollo de otras, como es el caso de *Picea* (Figura 3).

Cuadro 6. Valores del índice de Clark & Evans (CE) para las parcelas permanentes (H0 = 1 indica distribución aleatoria).

Parcela	Clark & Evans (CE)	H0
1	0.9945	0
2	0.7728	1
3	0.7935	1
4	0.7835	1
5	0.7954	1
6	0.7637	1
7	0.8124	1
8	0.8347	1
9	0.8931	1
0	0.9014	1



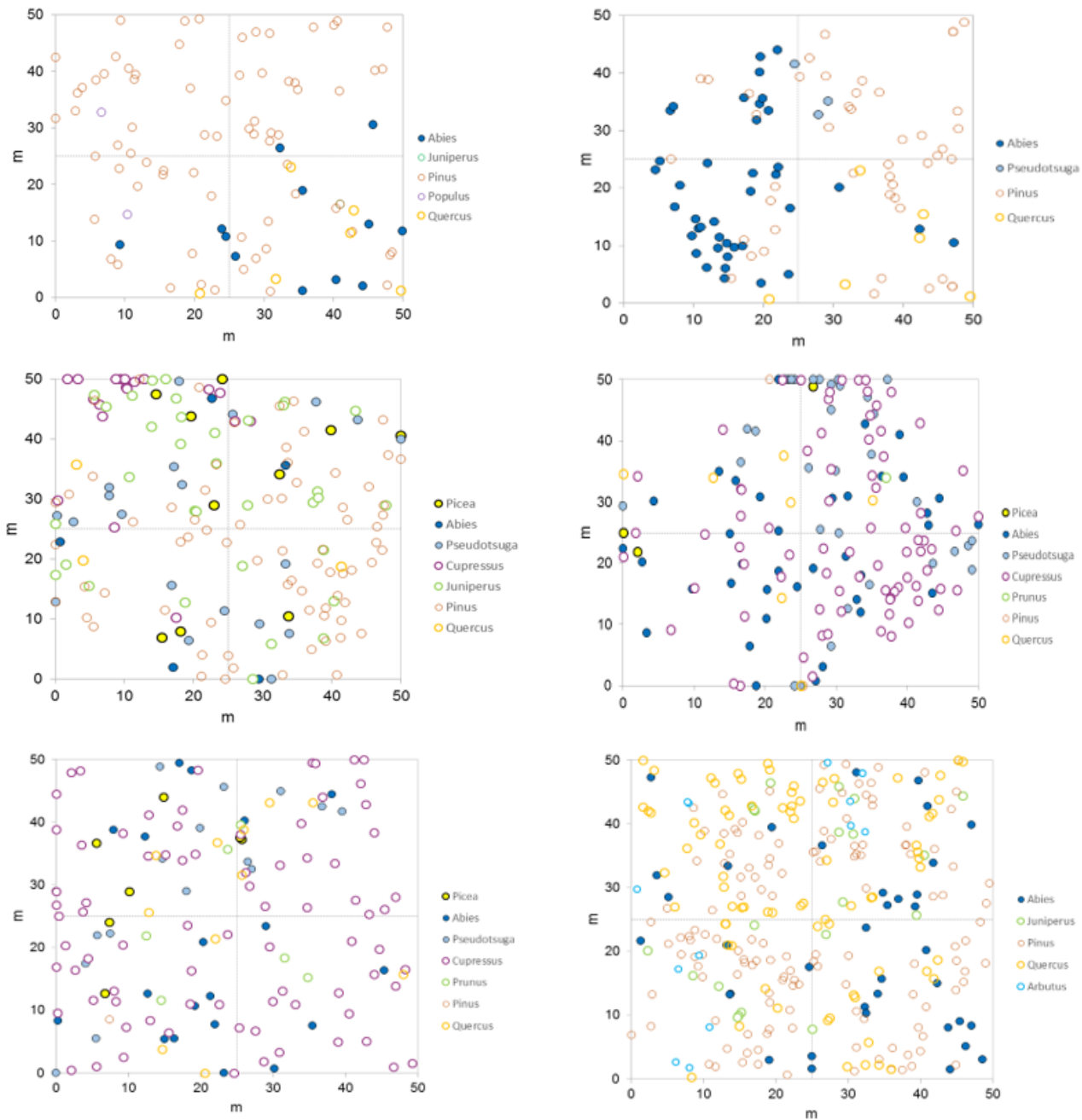


Figura 3. Distribución espacial de los géneros arbóreos encontrados de las diez parcelas.

Índice de mezcla de especies (Mi)

Los resultados para este índice se muestran en la Figura 4 donde es posible observar que el valor promedio fue de 0.57 para el total de las parcelas indicando una mezcla media donde un árbol de referencia tiene al menos tres vecinos diferentes. La parcela 6 obtuvo el valor más alto con 0.84 el cual indica que dentro esta parcela las especies tienen una mezcla muy alta, donde al menos tres de

sus cuatro vecinos pertenecen a un género distinto. Por el contrario, la parcela 8 obtuvo el valor más bajo (0.32) donde la mezcla de especies es menor, lo cual quiere decir que al menos dos son diferentes (Figura 4). Para el caso de las parcelas con presencia de *Picea*, la mezcla es baja ya que los vecinos más próximos y la mezcla de este género se da mayormente con *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Abies*, lo cual demuestra que las especies de estos géneros tienen a mezclarse sin incluir otros.

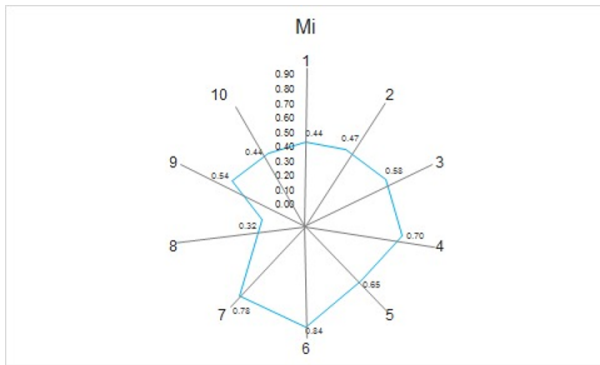


Figura 4 Valores del Índice de Mezcla de especies (Mi) en las parcelas permanentes.

Índice de dominancia de especies (Ui)

Los valores del índice estimados para las diez parcelas permanentes presentaron un rango de variación de 0.37 (Parcelas 9,) hasta 0.61 (Parcela 4) (Figura 5).

El valor promedio de U_i estimado para las 10 parcelas evaluadas es de 0.50 lo cual indica que la masa forestal mantiene una estructura vertical definida como co-dominante donde dos de los vecinos más próximos tienen mayores dimensiones. Los valores más altos los obtuvo la parcela 4 (0.61) donde al menos uno de sus cuatro vecinos es más grande; por el contrario, la parcela 9 (0.37) presentó los valores más bajos, determinando que en los árboles de referencia tres de sus cuatro vecinos son más grandes. Los valores de U_i admiten asumir una estructura vertical ligeramente regular; además, de observar la escasa presencia de arbolado joven de *Picea* en comparación con otros géneros más dominantes.

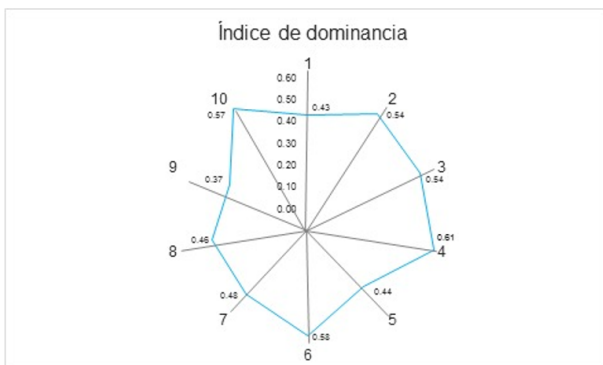


Figura 5 Valores del Índice de dominancia (Ui) en las parcelas permanentes.

Índice de uniformidad de ángulos (Wi)

Los resultados para este índice se muestran en la Figura 6, donde puede observarse que el valor promedio fue de 0.52 para el total de las parcelas indicando una distribución aleatoria donde un árbol de referencia tiene al menos dos vecinos tienden a agruparse. La parcela 4 obtuvo el valor más alto con 0.65 el cual indica que dentro esta parcela los árboles de referencia muestran de dos a tres de sus vecinos con una tendencia a la agrupación. Por el contrario, la parcela 2 obtuvo el valor más bajo (0.43) donde la agrupación es aleatoria, lo cual quiere decir que al menos dos de sus vecinos tienden a agruparse.

Para el caso de las parcelas con presencia de *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga*, la agrupación es alta ya que los vecinos más próximos y la mezcla se da entre estos géneros, lo cual demuestra que las especies de estos géneros tienen a agruparse entre ellas; además, *Picea* presenta menor densidad y agrupación cuando existe una mezcla con géneros distintos.

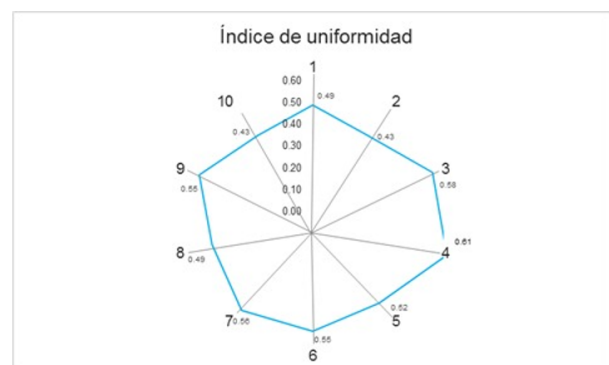
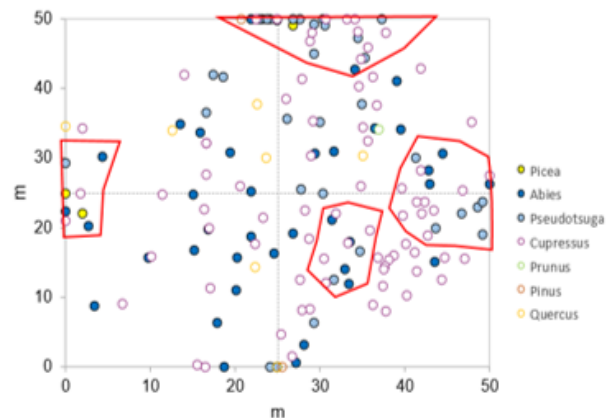
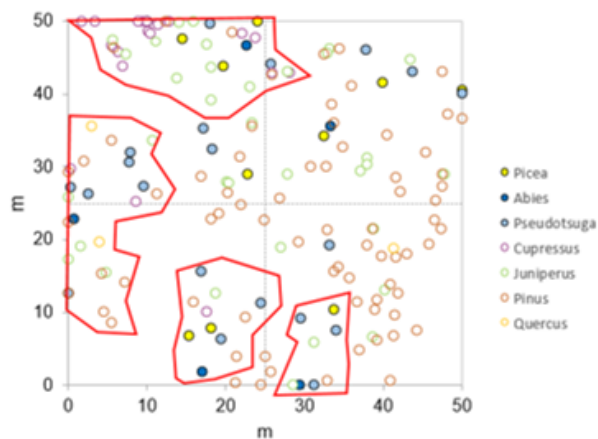
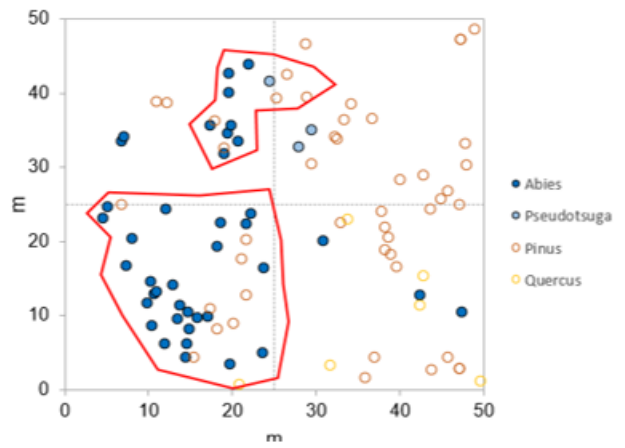
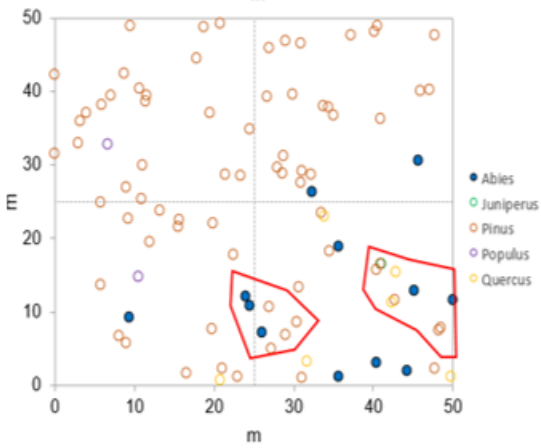
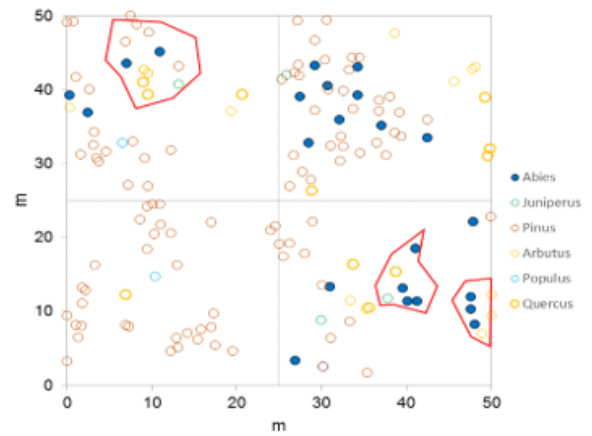
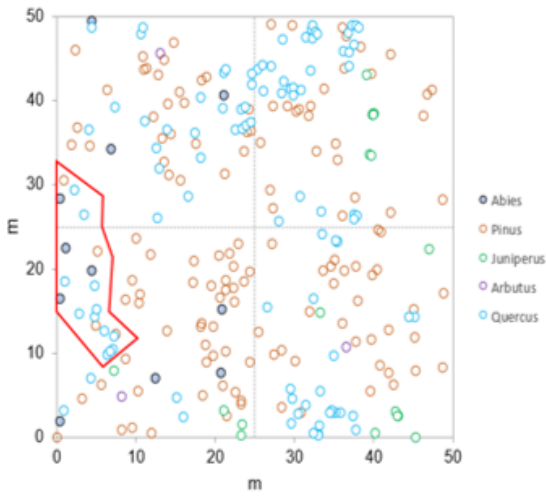
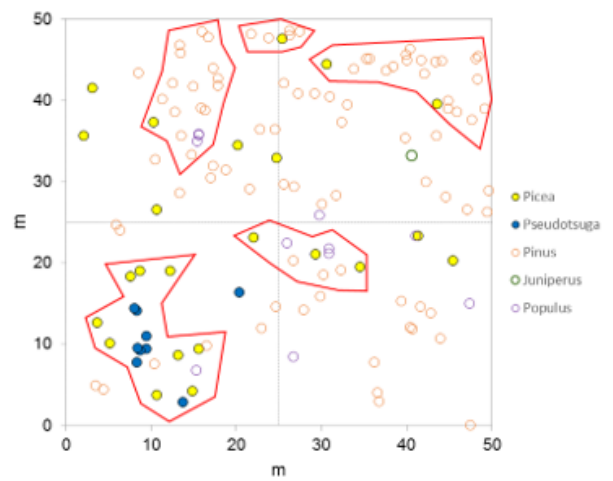
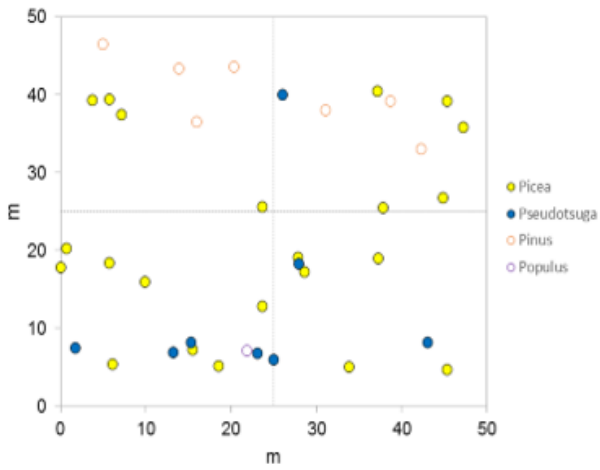


Figura 6 Valores del de uniformidad de ángulos (Wi) en las parcelas permanentes.



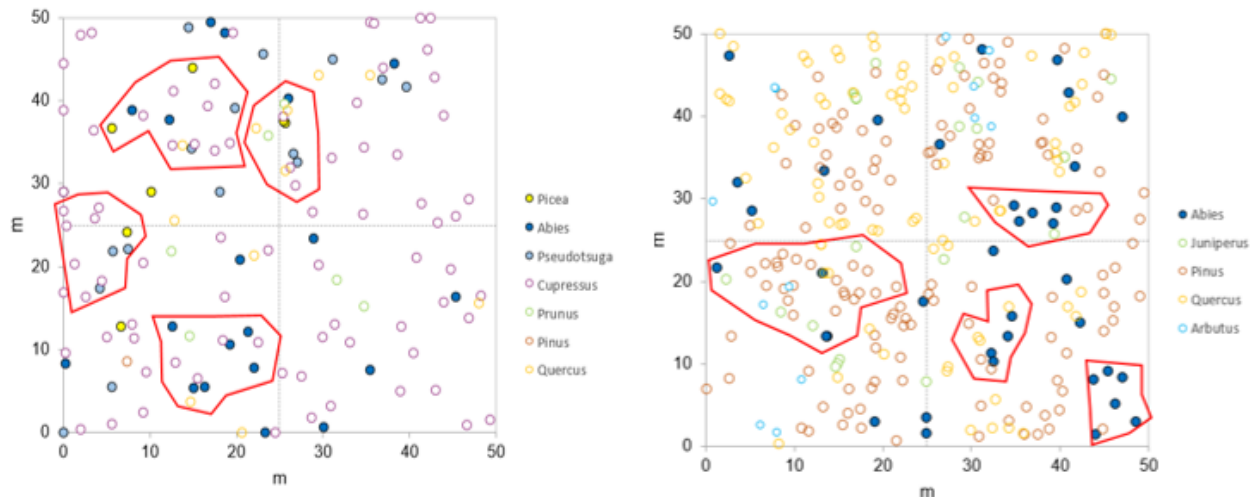


Figura 7. Agrupación de géneros arbóreos encontrados de las diez parcelas.

Discusión

En los resultados se pudo observar que a pesar de evaluar áreas con presencia de especies de importancia como *Picea* y *Abies* la mayor abundancia se obtuvo en los géneros *Pinus* y *Quercus* lo cual es similar a lo que reportan Castellanos-Bolaños *et al.*, (2010) quienes aluden que los géneros mencionados presentan una mayor cantidad de especies en los bosques templados, tomando como ejemplo un análisis de este tipo de ecosistema en Oaxaca.

En cuanto a las características dasométricas, la mayor parte de las áreas evaluadas mostraron que la mayoría de los individuos se concentran en las dimensiones menores, tanto de diámetro como de altura, lo cual es semejante a lo que reporta Nívar, (2010) donde determinó una tendencia similar en bosques templados del estado de Nuevo León.

En cuanto a la densidad reportada para el total de las áreas evaluadas, los resultados obtenidos mostraron un valor de 629 N ha⁻¹, lo cual se asemeja a los resultados reportados por Delgado *et al.*, (2017); quienes estimaron densidad de 565 N ha⁻¹ en un bosque templado del de Durango; por el contrario, los resultados son muy superiores a los de López-Hernández *et al.*, (2017), quienes, determinaron 389 N ha⁻¹ en un bosque templado de Puebla.

Respecto al IVI calculado por área, los resultados arrojaron que en la mayor parte de estas el género *Pinus* englobó las especies con mayor valor porcen-

ual en *Pinus* en un bosque templado de la región de El Salto en Durango; asimismo, concuerdan con Alanís-Rodríguez *et al.*, (2011) mismos que estimaron más de un 80% en IVI para este género. No obstante, aun y cuando el género *Pinus* domina en su mayoría, en las áreas evaluadas otros géneros como *Picea*, *Cupressus* y *Populus* también engloban especies de gran importancia.

En cuanto a los índices de diversidad, se presentaron variaciones en la diversidad y riqueza de géneros analizados, para el índice de Margalef el promedio fue de 0.88, valor que se encuentra ligeramente por debajo de los reportado por Hernández-Salas *et al.*, (2013) quienes promediaron un valor de 0.90, así como con Nívar y González, (2009) quienes calcularon un promedio de 1.04. Por otro lado, los índices de Menhinick y Simpson promediaron un valor de 0.44 y 0.66, estos valores son similares a los reportados Zacarías-Eslava *et al.*, (2011) quienes calcularon un valor ligeramente más alto, con 0.45 en el índice de Simpson en Michoacán. Asimismo, los resultados se asemejan a los obtenidos por Silva-González, (2018), quien estimó un promedio de 0.54 en el índice de Menhinick en bosques bajo tratamiento en la región de el Salto en Durango. El promedio para el índice de diversidad verdadera de Shannon fue de 3.54 valor por debajo del reportado por Graciano-Ávila *et al.*, (2017) quienes estimaron un promedio de 5.69 en un bosque del estado de Durango.

Con respecto a la estructura horizontal, la distribu-

ción espacial se definió como aleatoria, la cual es característica de bosques templados en su mayoría y coincide con los patrones heterogéneos de distribución espacial de bosques templados con especies de *Picea* en México. Los datos obtenidos coinciden con Wehenkel *et al.*, (2015) mismos que reportan valores de CE de 0.46 y 1.15 para comunidades de *Picea chihuahuana*.

La estructura florística mantiene un comportamiento heterogéneo derivado de los diferentes grados de mezclas que presentan las áreas evaluadas. Los datos obtenidos para el índice de mezcla de especies arrojó un valor similar a lo estimado por Rubio *et al.*, (2017) quienes calcularon valores de *Mi* de 0.45 y 0.69 en el análisis por géneros en un bosque de pino-encino; por otro lado, Corral *et al.*, (2005), difieren de los resultados donde reportan una mezcla muy en el análisis de un bosque de niebla en Tamaulipas.

El índice de dominancia dimensional (*Ui*) mostró que de los géneros analizados *Picea* se encuentra entre los géneros con mayores dimensiones tanto en altura como en diámetro; contrario a esto, *Arbutus* mantiene los valores menos dominantes. En las parcelas donde existe mayor presencia de *Picea* se presentan las dimensiones mayores tanto en altura como en diámetro. Por el contrario, en la parcela 7 se registraron las dimensiones más bajas en ambos parámetros; no obstante, es la que mayor riqueza de especies presenta.

Lo anterior puede atribuirse a que los géneros registran dimensiones que se encuentran entre 11-24 cm de diámetro y 10 a 15 m de altura, convirtiéndolos en dominantes, por encima de los demás géneros analizados, mientras que *Arbutus* y *Cupressus* se representan por categorías de altura y diámetro mucho menores, lo que los define como menos dominantes o dominados. Algunos autores como González *et al.*, (2018) mencionan que cuando existe una asociación de géneros como *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga*, estos tienden a ser más dominantes antes los otros géneros, como es el caso en particular.

Con relación al índice de uniformidad de ángulos el valor promedio fue de 0.52, lo cual sugiera que las masas evaluadas, tienden a agruparse de acuerdo con lo reportado por Hui y Gadov, (2002), quienes mencionan que valores por encima de 0.51 tienden a formar grupos. Asimismo, los valores son similares

a los obtenidos por Graciano, (2019) quien determino un valor de 0.52.

Conclusiones

Es muy importante conocer la estructura y diversidad arbórea de los bosques templados de la Sierra Madre Occidental de Durango. El presente estudio permitió obtener información sobre la estructura, composición y diversidad, lo que muestra es una baja diversidad, sin embargo cuenta con una riqueza de especies elevada ya que se encontraron una gran diversidad de las mismas, el género más representativo fue el género *Pinus* seguido del género *Quercus*, los cuales presentaron valores altos en cobertura.

Estas parcelas se encuentran ubicadas en la zona de Santa Bárbara es por eso que se tienen individuos de *Picea*, las parcelas no cuentan con intervención silvícola actualmente a lo que se le puede atribuir la poca entrada de luz evitando la aparición de renuevo en las parcelas y tener un bosque sobre maduro.

Asimismo, es posible caracterizar la estructura espacial de un área a través de diferentes índices de vecindad, así como identificar riqueza y diversidad de especies y la importancia ecológica de cada una de estas.

Aludiendo a las hipótesis planteadas, se cumple con los supuestos ya que los sitios con presencia de *Abies* y *Picea*, estos géneros tienen mayores dimensiones, tienden a formar grupos entre estos y a medida que aumenta la riqueza de especies su densidad disminuye considerablemente.

Literatura citada

- 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>.
- Alanís-Rodríguez, E., A. Mora-Olivo & J. S. Marroquín-de la Fuente. (2020). Muestreo ecológico de la vegetación. Ed. Universitaria UANL. Monterrey, Nuevo León, México. 204 pp.
- Alanís, E., Jiménez, J., Valdecantos, A., Pando, M., Aguirre O., Treviño, E.J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1):31-39.
- Castellanos, B. J. F., Treviño, G. E. J., Aguirre, C. O. A., Jiménez, P. J. y Velázquez, A. M. A. (2010). Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1, 39–52.
- Clark P.J. & Evans F.C., 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* 35:445-453.
- Corral, R. J. J., O. A. Aguirre, C., J. Jiménez, P. y S. Corral, R. (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, 217–228.
- Fuldner, K. & Gadow, K. (1994). How to define a thinning in a mixed deciduous beech forest. In: M.E. Pinto da Costa & Preuhler, T. (Eds.), *Mixed Stands: Research Plots, Measurements, Results and Models*. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01, 25–29 April 1994, Lousa-Coimbra, Portugal. Instituto Superior de Agronomía, Lisboa, Portugal.
- Fuldner, K. (1995). *Strukturbeschreibung von Buchen – Edellaubholz– Mischwäldern*. Tesis doctoral. Universidad de Göttingen. Cuvillier Verlag Göttingen.
- Gadow K., Real, P. y Álvarez-González, J.G. (2001). Forest growth modelling and forest 29 development. *IUFRO World Series* 12, p. 242.
- García, A. A. y M.S. González E. (1998). *Pináceas de Durango*. Instituto de Ecología A. C. Primera Edición. Durango, Dgo. 179 pp.
- García-Arévalo, Abel. (2008). Vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez del norte de México. *Polibotánica*, (25), 45-68. Recuperado en 11 de mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682008000100005&lng=es&tln=es.
- García-García, S. A. (2020). Caracterización estructural y contenido de carbono en un bosque de alto valor de conservación al Noroeste de México (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León.
- González. E.M.S., M. González E. y M. A. Márquez L. (2007). Vegetación y Ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés S. A. de C. V. México DF. 219 pp.
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González L. y López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>.
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E. & Lujan-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. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Hernández, J., O. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González. (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 (3): 189-199. <http://doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Ruiz González, J. L., González Tagle, M. A., Yamallel, Y., Israel, J., & Alanís Flores, G. J. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *Ciencia*

- UANL, 15 (58), 66-71.
- Juárez-Sánchez, Martín y Domínguez-Calleros, Pedro Antonio y Návar-Chaidez, José (2014). Análisis de la estructura silvícola en bosques de la sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Foresta Veracruzana*, 16 (1), 25-34. [Fecha de Consulta 11 de mayo de 2021]. ISSN: 1405-7247. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49731008004>
- Lindeenmeyer, D.B. & J.F. Franklin. (2002). *Conserving forest biodiversity*. Island Press, Washington DC, E.U.A.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-González, J. C., González-Tagle M. A. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23 (1): 39-51. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Mair, P., R. Wilcox y F. Schoenbrodt. (2015). WRS2: a collection of robust statistical methods.
- Méndez González, J., Návar Cháidez, J. de J. y González Ontiveros, V. 2009. Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones Geográficas*. 65 (oct. 2009). DOI:<https://doi.org/10.14350/rig.17973>.
- Návar, J. (2010). Alometría para biomasa en especies arbóreas del noroeste de México. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 12: 507-519.
- Pommerening, A. (2006). Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. *Forest Ecology and Management*, 224(3), 266-277.
- Pommerening, A. y D. Stoyan. (2006). Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 1723-1739. <https://doi.org/10.1139/x06-060>
- Solís Madrigal, S. (2006). Biología reproductiva de *Caryocar costaricense* [sic] (Caryocaraceae) y evaluación del potencial de sus frutos como un producto forestal no maderable.
- Solís, M. R., Aguirre, O. A., Treviño, E. J., Jiménez, J., Jurado, E., y Corral-Rivas J. (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
- Valdés Castillo, V. A. (2018). Fenología y potencial de almacenamiento de carbono de *Picea martinezii* TF Patterson en ecosistemas forestales de Nuevo León (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Wehenkel, C., Brazão, P. J. M., Carrillo, P. A., Martínez, G. J. H., and Crecente, C. F. (2015). Spatial distribution patterns in the very rare and species-rich *Picea chihuahuana* tree community (Mexico). *PloS ONE*, 10(10): e0140442.
- Wilcox, R. R. (2005). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing* (Statistical Modeling and Decision Science). Academic press.
- Zacarías-Eslava, Luis Eduardo, Cornejo-Tenorio, Guadalupe, Cortés-Flores, Jorge, González-Castañeda, Nahú, & Ibarra-Manríquez, Guillermo. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 854-869