

Composición y estructura de un bosque bajo manejo forestal en el estado de Durango, México

Composition and structure of a managed forest in the state of Durango, Mexico

José de Jesús Graciano-Luna^{1,2} , Eduardo Alanís-Rodríguez^{1*} , Oscar Alberto Aguirre-Calderón¹ , Cesar Martín Cantú-Ayala¹ , José Israel Yerena-Yamalle¹ , José Encarnación Luján-Soto² , Cristian Adrián Martínez-Adriano¹ , Gabriel Graciano-Ávila² 

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apartado Postal 41, CP. 67700, Linares, N. L. México.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto. Mesa del Tecnológico s/n. CP. 34942. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, México.

*Autor de correspondencia: eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

Artículo científico

Recibido: 19 de marzo 2025

Aceptado: 03 de noviembre 2025

RESUMEN. Los parámetros para la caracterización estructural de los bosques permiten describir satisfactoriamente el estrato arbóreo. El presente trabajo estuvo orientado a determinar la composición y la estructura horizontal y vertical de un bosque bajo diferentes tratamientos silvícolas. Fue evaluada la estructura en 52 parcelas de 1000 m² divididas en cortas selectivas con el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y aclareos con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) en diferentes exposiciones geográficas en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango. La estructura se analizó mediante histogramas de densidad, diferencias de parámetros (diámetros y alturas) y el índice de Pretzsch. Los resultados mostraron bosques jóvenes de segundo crecimiento sin diferencias significativas en clase diamétricas entre tratamientos y exposiciones. La riqueza resultó impactada por los tratamientos de aclareos, sin embargo, la densidad, área basal y cobertura no mostraron diferencias. Para la estructura vertical, la diversidad de alturas es media, por lo que la etapa de desarrollo es latizal, con una uniformidad de 72%. Para el estrato alto en el tratamiento de selección domina el *Pinus durangensis*, luego el *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla*, en el medio *P. durangensis*, *P. cooperi* y *Quercus sideroxyla* y en el bajo *P. durangensis* y *P. cooperi*; para aclareos el *P. durangensis* y *P. cooperi* fueron los dominantes en los tres estratos, mostrando la ausencia de muchas especies que si aparecen en el tratamiento de selección.

Palabras clave: Aclareos, bosque templado, cortas de selección, estructura horizontal, estructura vertical.

ABSTRACT. Parameters for the structural characterization of forests allow for a satisfactory description of the tree stratum. This study aimed to determine the composition and horizontal and vertical structure of a forest under different silvicultural treatments. The structure was evaluated in 52 plots of 1000 m² divided into selective cuts using the Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) and thinning using the Método de Desarrollo Silvícola (MDS) on different geographic aspects in the El Brillante ejido, Pueblo Nuevo, Durango. The structure was analyzed using density histograms, differences in parameters (diameters and heights), and the Pretzsch index. The results showed young, second-growth forests with no significant differences in diameter class between treatments and aspects. Species richness was impacted by the thinning treatments; however, density, basal area, and canopy cover did not show significant differences. For the vertical structure, the diversity of heights is medium, so the development stage is lattice-like, with a uniformity of 72%. For the upper stratum in the selection treatment, *Pinus durangensis* is dominant, followed by *Pinus cooperi* and *Pinus leiophylla*; in the middle stratum, *P. durangensis*, *P. cooperi*, and *Quercus sideroxyla*; and in the lower stratum, *P. durangensis* and *P. cooperi*. For thinning, *P. durangensis* and *P. cooperi* were dominant in all three strata, showing the absence of many species that do appear in the selection treatment.

Key words: Thinning, temperate forest, selection cuts, horizontal structure, vertical structure.

INTRODUCCIÓN

El complejo montañoso más grande de México es la Sierra Madre Occidental (SMO), donde convergen una serie de factores bióticos y abióticos que hacen posible una gran diversidad de escenarios naturales (González-Elizondo *et al.* 2012, Domínguez-Gómez *et al.* 2018). En dicho sistema montañoso se localiza Durango, el estado con mayor producción maderable y con extensas superficies de bosques templados; en los que se aplican diferentes tratamientos silvícolas para cumplir con los compromisos de abastecimiento y conservación, por lo que el manejo forestal realizado requiere de información confiable acerca de las características cuantitativas y cualitativas de los recursos naturales (Corral *et al.* 2015). Con el objeto de maximizar rendimientos, y bajo un programa de manejo, a través de los años se han aplicado tratamientos silvícolas a bosques templados, ya sea a través de cortas selectivas, sucesivas, totales o intermedias con aclareos; acompañadas por actividades de reforestación, quemas prescritas, podas, cortas de saneamiento o limpieza (Monárrez-González *et al.* 2018). Sin embargo, en los bosques de la región de El Salto, Durango, con más de 100 años de manejo silvícola, los prestadores de servicios técnicos forestales han expresado su interés en comprender la dinámica de la composición estructural para garantizar un manejo sostenible. Esto responde a los nuevos paradigmas internacionales de manejo forestal, que promueven prácticas orientadas a favorecer la dinámica de la sucesión natural y a mejorar la biodiversidad (Ares *et al.* 2009, 2010)

El conocimiento de las características dasométricas es esencial para la toma de decisiones en el manejo de recursos en localidades con aprovechamiento forestal como en áreas naturales protegidas. Este conocimiento facilita el análisis de procesos de sucesión natural y los efectos de actividades de gestión, siendo crucial para lograr un aprovechamiento sostenible (Gadow *et al.* 2012, García-García *et al.* 2020). Esta información es indispensable para evaluar dinámicamente estos atributos, mejorar las prácticas de manejo forestal y promover la conservación de la diversidad de las comunidades vegetales (Aguirre *et al.* 2015).

La estructura de una comunidad vegetal es el ordenamiento de las características arbóreas dentro de un sistema, el cual influye tanto en la provisión de productos y servicios como en la dinámica de la comunidad (Wehenkel *et al.* 2014). Por su parte, Buendía-Rodríguez *et al.* (2019) la describen como el arreglo particular de elementos dentro de dicho sistema. Estos autores coinciden en que la estructura de la comunidad vegetal se refiere a la distribución de características individuales en un área forestal y destacan que el aspecto estructural de los ecosistemas está compuesto por un conjunto de elementos organizados según la diversidad, distribución espacial y diferenciación dimensional de las variables cuantitativas. La estructura de la comunidad vegetal está definida en dos vertientes, la horizontal y la vertical, básicamente variables como el área basal, volumen, clases diamétricas, abundancia, frecuencia y dominancia definen a la primera y los estratos definen la segunda (Rendón-Pérez *et al.* 2021, Molina-Marchan *et al.* 2024). El área basal es un indicador de la productividad, la composición describe las familias, géneros y especies para comprender la riqueza, abundancia y diversidad (López-Hernández *et al.* 2017). La estructura, composición y determinismo ecológico no debe de variar significativamente en áreas geográficamente similares (Márquez-Linares y González-Elizondo 1998), sin embargo, a través del manejo con la aplicación de tratamientos silvícolas se pueden manifestar cambios sustanciales en cuanto a estructura y

diversidad, así como en las etapas sucesionales (Graciano-Ávila *et al.* 2017a). La estructura de la comunidad vegetal es un indicador de la biodiversidad del ecosistema (Hui y Gadow 2002, Mora-Donjuán *et al.* 2016).

En la región de El Salto, se encuentra uno de los bosques más importantes del estado de Durango, denominado bosque de segundo crecimiento por sus intervenciones desde hace más de 100 años. Se tiene un sistema permanente de monitoreo, obteniendo la posibilidad de evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos en los programas de manejo y conocer la dinámica poblacional y sus interacciones con su hábitat, ya que en la etapa latizal es donde el desarrollo de un rodal se intensifica la poda natural en los individuos y se alcanza la máxima altura (Corral-Rivas *et al.* 2015). Este bosque templado es manejado bajo dos esquemas silvícolas; el Método Mexicano de Montes (MMOM) desde 1944 y modificado en 1984 a Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), donde a través del tratamiento de selección se extraen solo los árboles con ciertas especificaciones técnicas; y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), incorporado en la década de los setentas, donde a través de una serie de tratamientos de aclareos, cortas de regeneración y liberación, se busca tener una estructura homogénea. Por lo anterior, es necesario conocer la influencia de las variables del sitio como la pendiente, altitud y la exposición geográfica, ya que estas son muy importantes en el desarrollo (García-Aguilar *et al.* 2017). Mientras que McIntire *et al.* (2016) y Silva-González *et al.* (2022) consideran que la exposición es un factor limitante para establecer especies poco tolerantes a la sombra, por lo que resulta interesante conocer la respuesta de los métodos de manejo con relación a este parámetro geográfico. De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo, caracterizar y comparar la composición y estructura horizontal y vertical arbórea de un bosque templado en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango, considerando las diferentes exposiciones geográficas de los rodales bajo aprovechamiento y manejados con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI). La hipótesis planteada fue que la composición de especies y la estructura son modificadas por los métodos de manejo, dependiendo de variables como la exposición geográfica. La información obtenida, permitirá contar con aspectos técnicos para el mejor manejo de un bosque que está certificado y en el mercado voluntario de carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en el sistema montañoso Sierra Madre Occidental, en el ejido El Brillante, del municipio de Pueblo Nuevo, en el estado de Durango; entre las coordenadas geográficas 23°46'49.38" y 23°50'44.85" de latitud N y 105°20'28.62" y 105°22'2.95" de longitud O (Figura 1). Conforme con la clasificación de Köppen modificada por García (INEGI 2007), el clima predominante en el área es el tipo C (E) (w) semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Por su ubicación geográfica, la zona se puede considerar como una de las áreas de mayor precipitación en el estado de Durango; oscila entre los 1 000 a 1 200 mm anuales. Las temperaturas medias anuales registran 11.5 °C, las extremas medias más frías registradas son de 8.3 °C y las extremas más calurosas de 14.3 °C. La temperatura en la región varía entre 12 y 18 °C, con lluvias predominantes en verano y periodos de sequía durante el invierno (Quiñones-Barraza *et al.* 2012). Los suelos

predominantes corresponden a asociaciones de Regosol, Litosol y Cambisol (UCODEFO 6, 2007). La zona se encuentra dentro de las cuencas de los ríos Presidio y Baluarte, así como en la subcuenca del Arroyo El Salto (INEGI 2007). La vegetación existente incluye bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino, encino-pino y vegetación secundaria arbustiva en todas las comunidades vegetales (González-Elizondo *et al.* 2012). El área de estudio corresponde a rodales con características ecológicas y geográficas semejantes, sin embargo, la superficie es mucho mayor la que se maneja con MMOBI, por lo que la intensidad de muestreo fue mayor para sitios con selección.

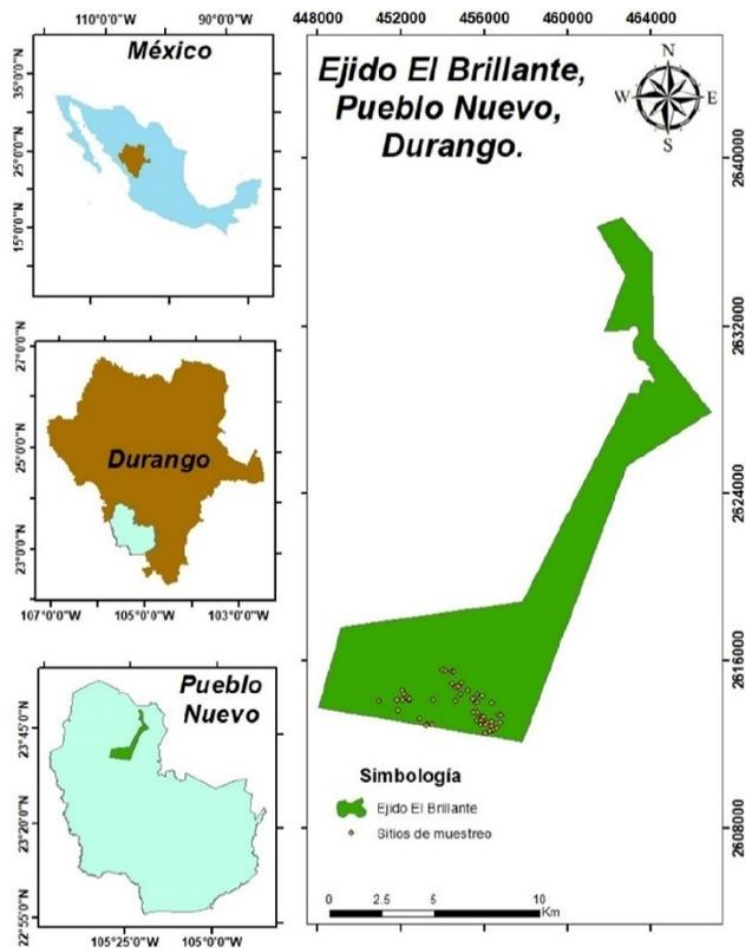


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo (puntos en color naranja) en el área de estudio dentro del área de estudio (polígono relleno de color verde claro).

Obtención y análisis de datos

La información se obtuvo de 52 sitios de monitoreo forestal de forma circular de 1 000 m², ubicados aleatoriamente en diferentes áreas de corta del presente programa de manejo (2024-2034). Los sitios se establecieron donde se aplicaron tratamientos silvícolas con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), incluyendo primero, segundo, tercer aclareo y cortas de liberación, así como en áreas con el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) bajo el tratamiento de selección (Tabla 1). Los sitios se dividieron por exposiciones Norte, Noreste, Noroeste en un grupo

(N NE NO); Sur, Sureste, Suroeste en otro grupo (S SE SO) y Este-Oeste en un tercer grupo (EO). Se colectaron los datos silvícolas dasométricos de cada sitio, por estratos y por tratamiento. Para los análisis se consideraron el diámetro normal ($D_n > 5$ cm), altura total (H) y el registro por especie. Los formatos utilizados fueron de los recomendados por el Sistema de Planeación Forestal para Bosques Templados (SiPlaFor, Ávila-Márquez y Corral-Rivas 2021). Los nombres científicos se consultaron en la página web The Plant List. Se calculó el área basal y la cobertura en función del diámetro normal y diámetro de copa, con la fórmula del cilindro ($A = \pi r^2$), así como densidad (ind ha^{-1}) en función del tamaño del sitio y la riqueza de especies entre métodos de manejo, por tratamiento y por exposición.

Tabla 1. Características silvícolas, ecológicas y geográficas de los sitios de estudio.

Sitio	AS.N.M.	Pendiente (%)	Exposición	Tratamiento	Manejo	Sitio	AS.N.M.	Pendiente (%)	Orientación	Tratamiento	Manejo
2217	2839	26	Norte	aclareo	MDS	1773	2710	87	Oeste	selección	MMOBI
2040	2792	53	Sur	aclareo	MDS	2047	2785	32	Este	selección	MMOBI
2218	2858	30	Norte	aclareo	MDS	1900	2761	39	Oeste	selección	MMOBI
1908	2852	20	Oeste	2 aclareo	MDS	2713	2255	64	Noroeste	selección	MMOBI
1905	2882	60	Oeste	2 aclareo	MDS	1759	2266	74	Noreste	selección	MMOBI
2302	2828	40	Sur	2 aclareo	MDS	1763	2277	49	Noroeste	selección	MMOBI
2305	2852	60	Sur	2 aclareo	MDS	1767	2290	45	Oeste	selección	MMOBI
2216	2833	17	Noreste	aclareo	MDS	1747	2302	80	Oeste	selección	MMOBI
2316	2708	65	Noreste	aclareo	MDS	1822	2302	40	Norte	selección	MMOBI
2304	2830	30	Sur	2 aclareo	MDS	1845	2507	60	Oeste	selección	MMOBI
2311	2753	15	Sur	aclareo	MDS	2686	2658	65	Suroeste	selección	MMOBI
2037	2765	34	Sureste	aclareo	MDS	2032	2800	68	Norte	selección	MMOBI
1313	2752	21	Este	4 aclareo	MDS	1932	2683	65	Noreste	selección	MMOBI
2303	2804	60	Sur	selección	MMOBI	2319	2865	64	Sureste	selección	MMOBI
1957	2560	80	Suroeste	selección	MMOBI	2048	2784	29	Oeste	selección	MMOBI
1747	2302	80	Oeste	selección	MMOBI	1940	2517	72	Sureste	selección	MMOBI
2210	2893	10	Este	selección	MMOBI	2309	2644	67	Este	selección	MMOBI
1981	2572	60	Noroeste	selección	MMOBI	1899	2743	64	Oeste	selección	MMOBI
1952	2550	80	Sur	selección	MMOBI	1948	2815	62	Suroeste	selección	MMOBI
1793	2298	60	Oeste	selección	MMOBI	2315	2702	75	Sur	selección	MMOBI
1806	2272	35	Sur	selección	MMOBI	1947	2750	62	Sur	selección	MMOBI
1932	2683	64	Noreste	selección	MMOBI	2320	2808	60	Sureste	selección	MMOBI
1996	2758	64	Noroeste	selección	MMOBI	2760	2768	24	Noroeste	selección	MMOBI
1958	2682	34	Sur	selección	MMOBI	2317	2736	58	Sur	selección	MMOBI
1926	2815	20	Oeste	selección	MMOBI	1992	2760	58	Este	selección	MMOBI
1847	2770	19	Noroeste	selección	MMOBI	1976	25666	80	Norte	selección	MMOBI

La modelación de la estructura se realizó a través de modelos de distribución de frecuencias de diámetros y alturas. Estos modelos representan al rodal y permiten realizar la mayor cantidad de inferencias de interés junto a otras variables (Corvalán-Vera y Hernández-Palma 2006). Se realizó una caracterización de clases diamétricas a través de histogramas, la base de datos se organizó por tratamiento y por exposición para tener una comparación entre parámetros.

Para estimar la distribución vertical de las especies, se definieron tres zonas de altura (Jiménez-Pérez *et al.* 2001, Graciano-Ávila *et al.* 2017b, 2020): estrato I (80-100% de la altura máxima), estrato II (50-80%) y estrato III (0-50%). Valores cercanos al 100% indican una distribución equitativa de las especies en los tres estratos. Se empleó el índice de distribución vertical de especies (A), una modificación del índice de Shannon (Pretzsch 1996, 2009, Del Río *et al.* 2003). Este índice oscila entre 0 y un valor máximo (A_{max}). $A = A_{max}$ refleja una distribución proporcional de todas las especies en todos los estratos, dependiendo del número de especies y estratos (Pretzsch 1996). El cálculo del índice se realizó mediante la siguiente fórmula:

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

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

Donde: S es el número de especies presentes, Z es el número de estratos de altura, p_{ij} es el porcentaje de especies en cada zona, y se estima mediante la relación $p_{ij} = n_{ij}/N$, donde n_{ij} es el número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N es el número total de individuos. El valor de A se estandariza de la siguiente forma:

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

Se determinó la abundancia de las especies según el número de árboles registrados, la dominancia en función del área basal, y la frecuencia a partir de su presencia en los sitios de muestreo. Se creó una base de datos en Excel 2021 (18.0). Para determinar la distribución de los datos, se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilk cuando n menor igual a 2 000 con $\alpha = 0.05$. Para determinar si existía diferencia entre los valores se utilizaron las pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA) y Kruska-Wallis según la naturaleza de los datos en los paquetes PAST y R Core Team (2020).

RESULTADOS

Composición

Se registraron 24 especies, distribuidas en cinco familias; de ellas, Fagaceae está representada principalmente por el género *Quercus* con un 46% (11 especies), seguida de la Pinaceae con 42% (9 especies del género *Pinus* y 1 del *Pseudotsuga*), así como 4% las familias: Cupressaceae donde aparecen los *Juniperus*, Betulaceae con los *Alnus* y Ericaceae con los *Arbutus*.

Las familias permanecieron en los diferentes tratamientos que se aplicaron, sin embargo, se observa que, en Selección y Selección N, NE, NO, los géneros *Pinus* aparecen con 10 especies, y *Quercus* con 11 y ocho especies respectivamente; se muestra como al aplicar aclareos en cualquier modalidad de exposición, la riqueza de especies, sobre todo de las familias Cupressaceae, Betulaceae y Ericaceae se reducen significativamente (Figura 2).

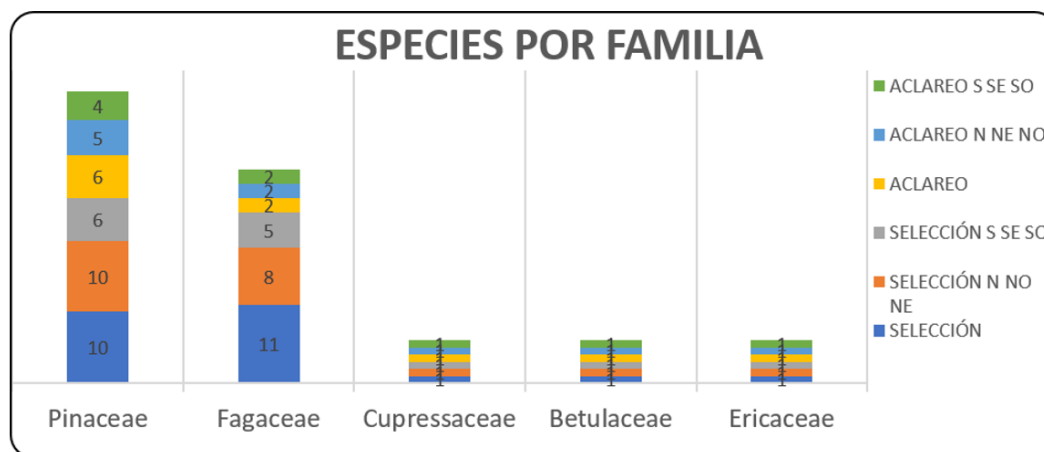


Figura 2. Riqueza de especies por tratamiento y por exposición geográfica (Selección para MMOBI y aclareos para MDS).

Analizando las abundancias, *Pinus durangensis* domina con el 30.84% de los individuos observados, *Pinus cooperi* con el 13.58%, *Arbutus xalapensis* con el 9.82%, 8.69% el *Quercus sideroxyla*, *Quercus rugosa* con 7.05%, *Pinus strobiformis* 6.31%, *Alnus spp* con 5.8%, *Juniperus deppeana* 3.24% y otras especies principalmente de *Quercus* y *Pinus* con porcentajes menores al 3%.

En la Tabla 2 se muestra como con las cortas selectivas existen muchas especies exclusivas (13 especies), principalmente del género *Quercus* y algunas especies del género *Pinus* de baja abundancia, así como el *Pseudotsuga spp.* que es una especie que se desarrolla en ambientes con más humedad y en rodales densos con alturas dominantes de especies de pino. El Aclareo no presenta especies exclusivas y comparten 11 especies. También se puede observar que las especies de interés comercial son las que van dejando los técnicos cuando se aplica el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), dominando el *Pinus durangensis* (160 ind ha⁻¹) y el *Pinus cooperi* (149 ind ha⁻¹), representando el 64% de las densidades. Sin embargo, en este análisis se observa que con el manejo de MDS están incluyendo otras especies que cohabitan como especies pioneras, como *Pinus leiophylla*, *Pinus teocote* y *Juniperus depeana*, además encinos como *Quercus sideroxyla* y *Quercus rugosa* y en menos abundancia especies de los géneros *Alnus* y *Arbutus*. Con el tratamiento de selección del Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) se observó que la riqueza es mayor, encontrando 23 especies y tan solo 11 con el Método de Desarrollo Silvícola utilizando aclareos (Tabla 2).

Estructura horizontal

Las características promedio de los sitios analizados muestran poca variación en diámetros entre los géneros, ya que los diámetros promedio del género *Pinus* oscilan entre 20 centímetros, los *Quercus* en 21 y *Arbutus* y *Alnus* en 17 centímetros, con una desviación estándar pequeña (2.3 cm). Las alturas promedio fueron de 11.8 m para el género *Pinus* y 9.5 m para *Quercus*. Los diámetros de copa se encuentran en 4 m como promedio, con una desviación estándar de 0.5 m. El área basal total fue de 18.4 m² ha⁻¹, representada principalmente por el género *Pinus* con 10.9 m² ha⁻¹. Los sitios de selección presentan una cobertura de 6924 m² ha⁻¹, con una densidad promedio de 196 ind ha⁻¹ (Tabla 3).

Tabla 2. Listado del arbolado del área de estudio y densidades (Árboles ha⁻¹) por tipo de manejo. Los nombres de las especies son acordes a .la (WFO's (2024).

Familia	Especie	Densidad (indv ha ⁻¹)			
		MMOBI	(%)	MDS	(%)
Betulaceae	<i>Alnus spp</i> Kunth	19.2	4.34	46.9	9.65
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	12.9	2.92	20	4.11
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	50	11.31	28.5	5.86
Fagaceae	<i>Quercus candicans</i> Née	0.5	0.11	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	1.8	0.41	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl.	9.2	2.08	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus durifolia</i> Seemen ex Loes.	5.5	1.24	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus eduardii</i> Trel.	1.8	0.41	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus emoryi</i> Porter & J.M.Coult.	0.3	0.07	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus fulva</i> Liebm.	3.9	0.88	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i> Née	35.5	8.03	21.5	4.42
Fagaceae	<i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	46.6	10.54	18.5	3.81
Fagaceae	<i>Quercus urbanii</i> Trel.	11.6	2.62	0	0.00
Fagaceae	<i>Quercus viminea</i> Trel.	2.9	0.66	0	0.00
Pinaceae	<i>Pinus chihuahuana</i> Martínez	3.9	0.88	0.8	0.16
Pinaceae	<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco	27.9	6.31	160	32.91
Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i> Martínez	136.6	30.90	149.2	30.69
Pinaceae	<i>Pinus engelmannii</i> Carrière	9.7	2.19	0	0.00
Pinaceae	<i>Pinus herrerae</i> Martínez	11.3	2.56	0	0.00
Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. Et. Cham.	8.2	1.86	6.9	1.42
Pinaceae	<i>Pinus lumholtzii</i> B. L. Rob et Fernald	3.2	0.72	0	0.00
Pinaceae	<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	27.1	6.13	33.1	6.81
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltdl. et Cham.	12.1	2.74	0.8	0.16
Pinaceae	<i>Pseudotsuga spp</i> (Mirb.) Franco	0.3	0.07	0	0.00
Totales		442	100	457.7	100

MMOBI: Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares. MDS: Método de Desarrollo Silvícola. N. ind. Ha⁻¹: Número de individuos por hectárea.

Tabla 3. Valores promedio (\pm desviación estándar) de las variables dasométricas por género de las especies arbóreas observadas en los sitios piloto.

Género	Característica						Densidad (Ind. ha ⁻¹)
	Número de individuos	Diámetro Normal (cm)	Altura (m)	Diámetro de copa (m)	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Cobertura (m ² ha ⁻¹)	
<i>Alnus</i>	62 \pm 17	15.8 \pm 3	7.6 \pm 0.5	3.2 \pm 0.3	0.662 \pm 0.06	263.7 \pm 12	12.0 \pm 4
<i>Arbutus</i>	157 \pm 9	16.8 \pm 4	6.5 \pm 0.6	3.2 \pm 0.6	1.276 \pm 0.2	468.2 \pm 22	30.0 \pm 3.2
<i>Juniperus</i>	48 \pm 12	17.9 \pm 2	7.2 \pm 0.5	3.8 \pm 1	0.495 \pm 0.2	197.1 \pm 33	9.0 \pm 2
<i>Pinus</i>	1018 \pm 68	19.3 \pm 2.4	11.8 \pm 1.5	3.9 \pm 0.5	10.9 \pm 0.4	4466.7 \pm 197	196.0 \pm 9
<i>Pseudotsuga</i>	1 \pm 0.03	31.4 \pm 5	12.9 \pm 0.6	8.9 \pm 1.2	0.015 \pm 0.07	12.0 \pm 1.2	0.2 \pm 0.03
<i>Quercus</i>	385 \pm 48	21.2 \pm 3.7	9.5 \pm 1.5	4.1 \pm 0.9	5.05 \pm 0.8	1516.6 \pm 217	74.0 \pm 9.2
Total	1671				18.398	6924.4	321.2

La distribución de la densidad del arbolado de acuerdo con sus clases diamétricas presentó una curva exponencial negativa en forma de "J" invertida, caracterizada por una alta concentración de individuos en las clases de menor tamaño y una marcada disminución en las clases de mayor tamaño. En el tratamiento de selección (MMOBI) se observa una representación de todas las clases diamétricas, sin embargo, se aprecia que el paisaje lo dominan las clases de 10 centímetros con 129 ind ha⁻¹, 15 centímetros con 112 ind ha⁻¹ y luego aparecen las clases de 20 y 25 centímetros con 49 y 41 ind ha⁻¹ respectivamente, las clases de 30 y 35 centímetros con 29 y 25 ind ha⁻¹, sin embargo, también se encuentran presentes árboles gruesos hasta 75 centímetros, aunque muy pocos (Figura 3a). En los sitios con aclareos (MDS), donde el objetivo es tener una estructura homogénea que tienda a la normalidad, donde la mayoría se centre en un rango, se observa que tiene la misma tendencia que el tratamiento de selección donde aparecen todas las categorías diamétricas dominando también los árboles de tallas menores, pero en mayor densidad; 166 ind ha⁻¹ en la categoría de 10 cm, 119 ind ha⁻¹ en la de 15 cm, 58 ind ha⁻¹ en la de 20 y en la categoría de 25, 30 y 35 centímetros con 37, 24 y 37 ind ha⁻¹, a pesar de que se muestran rodales jóvenes (Figura 3b). La tendencia de J invertida podría estar reflejando la característica sucesional de las comunidades vegetales debido a las intervenciones constantes, principalmente en cortas selectivas.

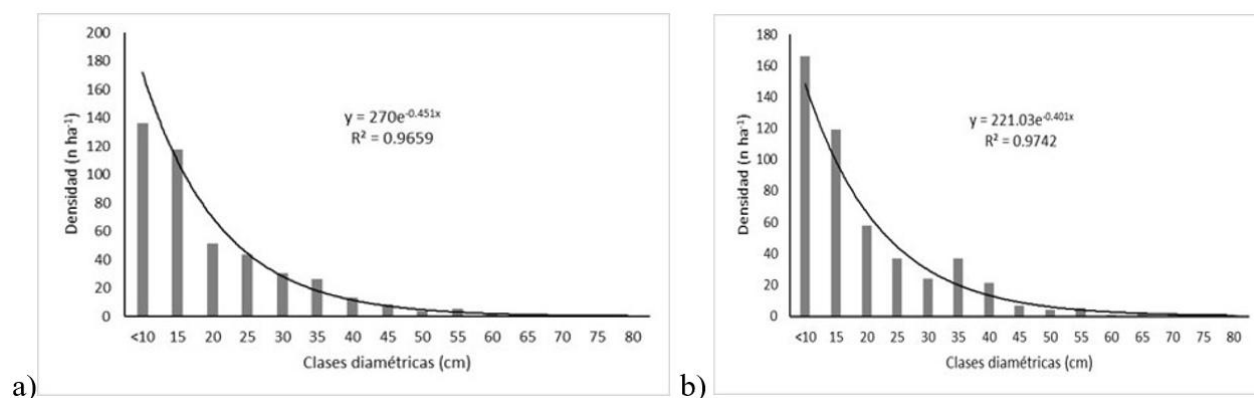


Figura 3. Clases diamétricas de los tratamientos silvícolas a) Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y b) Método de Desarrollo Silvícola (MDS).

Referente a la riqueza de especies (especies promedio), los sitios de muestreo de 1000 m² tienen en promedio 6 especies en 4 de los tratamientos analizados (Selección, Selección N, NE, NO, Selección S SE SO y Aclareo S SE SO), 7 especies para 3 tratamientos y 5 para el aclareo N, NE, NO. De acuerdo a los análisis estadísticos, no se mostraron diferencias significativas en cuanto a área basal, densidad y cobertura. Los valores mayores de área basal los presentaron los tratamientos de Aclareo, Aclareo EO y Aclareo S SE SO con 23.43, 22.30 y 21.12 m² ha⁻¹.

La densidad de árboles presentó similitud (valores de p) en los sitios y oscila entre los 400 a 500 ind ha⁻¹, las máximas las presentan los tratamientos Aclareo N, NE, NO con 535 ind ha⁻¹, Selección S, SE, SO con 475 ind ha⁻¹ y Aclareo S, SE, y SO con 470 ind ha⁻¹.

La cobertura promedio de los sitios se presentó entre los 7116 m² ha⁻¹, la más baja en el Aclareo N, NE, NO con 5758 m² ha⁻¹ y la mayor 7681 m² ha en Aclareo S, SE, SO. En general presentaron

coberturas de 7 000 m² ha⁻¹ con muy poca diferencia, por lo que es normal por el aprovechamiento reciente que se realizó (Figura 4).

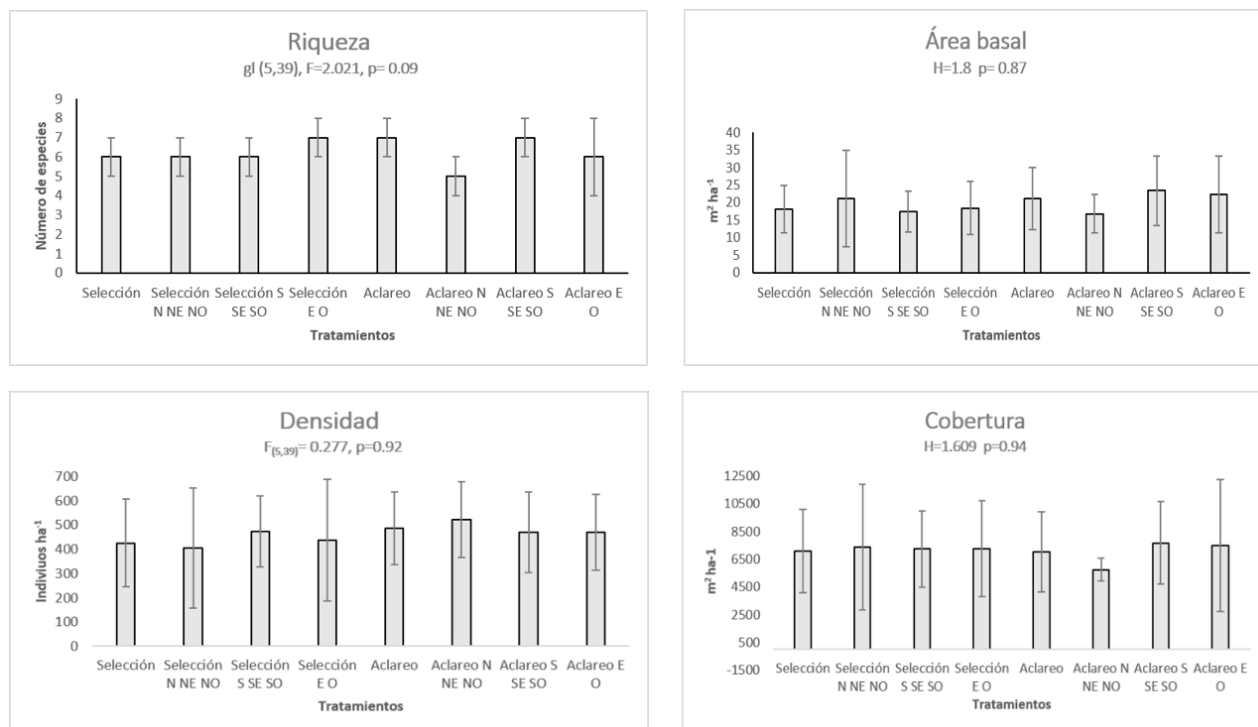


Figura 4. Valores promedios \pm error estándar de la riqueza, área basal, densidad y cobertura por tratamiento silvícola, Selección para Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares y Aclareos para Método de Desarrollo Silvícola en diferentes exposiciones geográficas.

Estructura vertical

En el análisis vertical, se puede observar que las especies están distribuidas en los tres estratos de alturas, para el tratamiento de Selección el estrato I (alto) está representado por 13 especies dominados por el *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis* y *Pinus leiophylla* con 27 ind ha⁻¹ pero con tan solo el 6.19% de la zona. Para el aclareo el estrato I está representado por menos especies, pero sigue dominando el *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis*, *Pinus leiophylla*, *Pinus teocote*, *Pinus strobiformis* y algunos individuos de *Quercus urbanii* con 29.23 ind ha⁻¹, ocupando el 6.06% de la zona muestreada (Tabla 4).

En el estrato II o medio, para el tratamiento de Selección, se encuentran 22 especies en el área muestreada con 117.1 ind ha⁻¹, con el *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis* como los principales. Este estrato representa el 26.49% de la zona. Para aclareos el número de especies se reduce a 9 con 163 ind ha⁻¹, pero ocupando el 33.8% de la zona (Tabla 5). El estrato III (bajo) para selección lo representan 22 especies con 297 ind ha⁻¹, con un 67.32% de la zona, destacando las mismas especies que los estratos alto y medio. Lo anterior hace referencia a que los rodales muestreados son bosques jóvenes, diversos y heterogéneos. Para la zona baja en el tratamiento de aclareos la comparten 10 especies con abundancias mayores de *Pinus cooperi*, *Pinus durangensis* y *Pinus leiophylla* con 290 ind ha⁻¹ y con el 60.13% de la zona (tabla 6).

Tabla 4. Valores de abundancia absoluta y proporcional por estrato de altura asociado al índice vertical de Pretzsch, para el tratamiento silvícola Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) Estrato alto.

Selección (MMOBI)					Aclareos (MDS)			
Especie	N	N/ha	Proporción (%)		N	N/ha	Proporción (%)	
			Del total (estrato)	En la zona			Del total (estrato)	En la zona
Estrato alto								
<i>Juniperus deppeana</i>	2	0.53	1.92	0.12	-	-	-	-
<i>Pinus chihuahuana</i>	4	1.05	3.85	0.24	-	-	-	-
<i>Pinus cooperi</i>	13	3.42	12.5	0.77	10	7.69	26.32	1.59
<i>Pinus durangensis</i>	63	16.58	60.58	3.75	23	17.69	60.53	3.67
<i>Pinus engelmannii</i>	3	0.79	2.88	0.18	-	-	-	-
<i>Pinus herrerae</i>	1	0.26	0.96	0.06	-	-	-	-
<i>Pinus leiophylla</i>	6	1.58	5.77	0.36	1	0.77	2.63	0.16
<i>Pinus lumholtzii</i>	1	0.26	0.96	0.06	-	-	-	-
<i>Pinus strobiformis</i>	2	0.53	1.92	0.12	1	0.77	2.63	0.16
<i>Pinus teocote</i>	4	1.05	3.85	0.24	1	0.77	2.63	0.16
<i>Quercus eduardii</i>	1	0.26	0.96	0.06	-	-	-	-
<i>Quercus sideroxyla</i>	3	0.79	2.88	0.18	-	-	-	-
<i>Quercus urbanii</i>	1	0.26	0.96	0.06	2	1.54	5.26	0.32
Suma	104	27.37	100	6.19	38	29.23	100	6.06

N: Abundancia (número de individuos), N ha⁻¹: Densidad (Número de individuos por hectárea)

Tabla 5. Valores de abundancia absoluta y proporcional por estrato de altura asociado al índice vertical de Pretzsch, para el tratamiento silvícola Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) Estrato medio.

Especie	Selección (MMOBI)				Aclareos (MDS)			
	N	N/ha	Proporción (%)		N	N/ha	Proporción (%)	
			Del total (estrato)	En la zona			Del total (estrato)	En la zona
Estrato medio								
<i>Alnus spp</i>	5	1.32	1.12	0.3	6	4.62	2.83	0.96
<i>Arbutus xalapensis</i>	7	1.84	1.57	0.42	2	1.54	0.94	0.32
<i>Juniperus deppeana</i>	4	1.05	0.9	0.24	1	0.77	0.47	0.16
<i>Pinus chihuahuana</i>	6	1.58	1.35	0.36	-	-	-	-
<i>Pinus cooperi</i>	66	17.37	14.83	3.93	74	56.92	34.91	11.8
<i>Pinus durangensis</i>	192	50.53	43.15	11.43	91	70	42.92	14.51
<i>Pinus engelmannii</i>	10	2.63	2.25	0.6	-	-	-	-
<i>Pinus herrerae</i>	24	6.32	5.39	1.43	-	-	-	-
<i>Pinus leiophylla</i>	8	2.11	1.8	0.48	4	3.08	1.89	0.64
<i>Pinus lumholtzii</i>	2	0.53	0.45	0.12	-	-	-	-
<i>Pinus strobiformis</i>	18	4.74	4.04	1.07	12	9.23	5.66	1.91
<i>Pinus teocote</i>	13	3.42	2.92	0.77	-	-	-	-
<i>Pseudotsuga spp</i>	1	0.26	0.22	0.06				
<i>Quercus candicans</i>	1	0.26	0.22	0.06	-	-	-	-
<i>Quercus coccolobifolia</i>	2	0.53	0.45	0.12	-	-	-	-
<i>Quercus crassifolia</i>	8	2.11	1.8	0.48	-	-	-	-
<i>Quercus eduardii</i>	2	0.53	0.45	0.12	-	-	-	-
<i>Quercus emoryi</i>	1	0.26	0.22	0.06	-	-	-	-
<i>Quercus fulva</i>	4	1.05	0.9	0.24	-	-	-	-
<i>Quercus rugosa</i>	25	6.58	5.62	1.49	15	11.54	7.08	2.39
<i>Quercus sideroxyla</i>	36	9.47	8.09	2.14	7	5.38	3.3	1.12
<i>Quercus urbanii</i>	10	2.63	2.25	0.6	-	-	-	-
Suma	445	117.11	100	26.49	212	163.08	100	33.81

N: Abundancia (número de individuos), N ha⁻¹: Densidad (Número de individuos por hectárea).

Tabla 6. Valores de abundancia absoluta y proporcional por estrato de altura asociado al índice vertical de Pretzsch, para el tratamiento silvícola Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) Estrato bajo.

Especie	Selección (MMOBI)				Aclareos (MDS)			
	N	N/ha	Proporción (%)		N	N/ha	Proporción (%)	
			Del total (estrato)	En la zona			Del total (estrato)	En la zona
Estrato bajo								
<i>Alnus spp</i>	68	17.89	6.01	4.05	54	41.54	14.32	8.61
<i>Arbutus xalapensis</i>	183	48.16	16.18	10.89	35	26.92	9.28	5.58
<i>Juniperus deppeana</i>	43	11.32	3.8	2.56	25	19.23	6.63	3.99
<i>Pinus chihuahuana</i>	5	1.32	0.44	0.3	1	0.77	0.27	0.16
<i>Pinus cooperi</i>	27	7.11	2.39	1.61	124	95.38	32.89	19.78
<i>Pinus durangensis</i>	264	69.47	23.34	15.71	80	61.54	21.22	12.76
<i>Pinus engelmannii</i>	24	6.32	2.12	1.43	-	-	-	-
<i>Pinus herrerae</i>	18	4.74	1.59	1.07	-	-	-	-
<i>Pinus leiophylla</i>	17	4.47	1.5	1.01	4	3.08	1.06	0.64
<i>Pinus lumholtzii</i>	9	2.37	0.8	0.54	-	-	-	-
<i>Pinus strobiformis</i>	83	21.84	7.34	4.94	30	23.08	7.96	4.78
<i>Pinus teocote</i>	29	7.63	2.56	1.73	-	-	-	-
<i>Quercus candicans</i>	1	0.26	0.09	0.06	-	-	-	-
<i>Quercus coccolobifolia</i>	5	1.32	0.44	0.3	-	-	-	-
<i>Quercus crassifolia</i>	27	7.11	2.39	1.61	-	-	-	-
<i>Quercus crassifolia</i>	11	2.89	0.97	0.65	-	-	-	-
<i>Quercus durifolia</i>	21	5.53	1.86	1.25	-	-	-	-
<i>Quercus eduardii</i>	4	1.05	0.35	0.24	-	-	-	-
<i>Quercus fulva</i>	11	2.89	0.97	0.65	-	-	-	-
<i>Quercus rugosa</i>	110	28.95	9.73	6.55	10	7.69	2.65	1.59
<i>Quercus sideroxyla</i>	138	36.32	12.2	8.21	14	10.77	3.71	2.23
<i>Quercus urbanii</i>	33	8.68	2.92	1.96	-	-	-	-
Suma	1131	297.63	100	67.32	377	290	100	60.13
Suma Total	1680	442.11	300	100	627	482.31	300	100.00

N: Abundancia (número de individuos), N ha⁻¹: Densidad (Número de individuos por hectárea).

El valor del índice A para Selección (MMOBI) fue de 3.10, A_{max} 4.28 y A_{rel} de 72.42 %, lo que indica que la comunidad arbórea tiene presencia en los tres estratos, pero existe uno escasamente representado. Los valores cercanos al 100% indicarían que todas las especies se encuentran distribuidas equitativamente en los tres estratos. Para aclareos (MDS) el índice fue de 2.51, A_{max} 3.50 y A_{rel} de 71.85 %, muy similar al tratamiento de Selección donde las especies presentes se encuentran distribuidas en los tres estratos con alta presencia de las especies en por lo menos dos estratos.

DISCUSIÓN

Composición

La composición arbórea del presente estudio corresponde a la esperada para el tipo de vegetación de las Sierras Madre Occidental y Oriental, donde se presentaron especies dominantes de los géneros *Pinus* y *Quercus*, como lo reportan Camacho-Rubio *et al.* (2016) y Ramos- Hernández *et al.* (2024) para este tipo de ecosistemas. Estos resultados también son parecidos a los de Leyva-López *et al.* (2010), que describen la importancia de estos géneros para el desarrollo de especies de otras

familias que comparten factores bióticos y abióticos para interactuar y formar relaciones intra e interespecíficas. Las familias Pinaceae y Fagaceae fueron las que presentaron mayores abundancias, sobre todo en tratamientos de Selección y Selección N, NO, NE del MMOBI y coinciden también con los hallazgos de Manzanilla-Quijada *et al.* (2020), donde obtienen resultados similares para la Sierra Madre Oriental. Los resultados son similares también a los reportados por Delgado-Zamora *et al.* (2016), donde concluyen que la diversidad y estructura de los bosques comparados en una comunidad de Pueblo Nuevo Durango, revelan que existe complejidad ecológica en la Sierra Madre Occidental, debido a la alta diversidad de factores como la pendiente, altura sobre el nivel del mar (asnm) y la exposición, aunado a eso la diversidad se ve modificada por el tipo de manejo y tratamientos silvícolas que se aplican. Los resultados fueron opuestos a los de Ramírez-Marcial *et al.* (2001) y Pérez-López (2020), donde en su estudio sobre los efectos del “Método de Desarrollo Silvícola” sobre la diversidad arbórea en bosques húmedos de montaña del norte de Chiapas, México, registran principalmente efectos de bajo impacto sobre los principales parámetros de la estructura y diversidad. Los resultados también concuerdan con el trabajo de Hernández-Salas *et al.* (2013), sobre los cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silvícolas en Oaxaca, donde, demostraron que después de la aplicación de los mismos, se formó un sólo tipo de bosque del género *Pinus* con MDS, lo cual es normal, ya que es uno de los principios de éste método, sin embargo los técnicos deben considerar en la aplicación de los tratamientos (Corta de regeneración, corta de liberación y aclareos) los compromisos internacionales sobre conservación de la biodiversidad y promover la permanencia de la riqueza de especies, ya que los esquemas de manejo pueden afectar significativamente la composición de especies que proporcionan interacciones con las especies maderables. Mientras que Silva-García *et al.* (2022) reportan que, al aumentar la altitud, el área basal aumenta, también mencionan que la exposición y la pendiente pueden influir en la productividad de diversas áreas. Los resultados concuerdan con este estudio donde la exposición geográfica influyó en la riqueza de especies, ya que las orientaciones sur, sureste y suroeste se presenta con más intensidad la luz solar, favoreciendo la fotosíntesis y la oportunidad de ocupar espacios más rápidamente.

Estructura horizontal

Los resultados obtenidos en densidad coinciden con los citados por Delgado-Zamora *et al.* (2016), quienes calcularon en promedio 565 ind ha⁻¹ y 16 taxones en bosques templados de Durango; ya que en este trabajo se encontraron 24 especies en cinco familias, las mismas reportadas por Aragón-Piña (2010) y Graciano-Ávila *et al.* (2020), dominando las especies de pino y encino como lo señalan García y González (1998). Los resultados también son similares a los de Silva-González *et al.* (2022) en un estudio sobre la diversidad en diferentes gradientes altitudinales, donde registraron ocho familias; de ellas, Fagaceae resultó con un mayor número taxones e integró a 39.58% del total de la comunidad; seguida de Pinaceae, con 31.25%.

Con respecto a la caracterización diamétrica, García-García *et al.* (2023) muestran a través de la curva de Liocourt o J invertida que el bosque templado de Chihuahua es heterogéneo, sin una marcada dominancia de alguna especie en particular. Las categorías diamétricas menores muestran una alta abundancia de individuos jóvenes, que posteriormente reemplazarán a la masa madura. Este patrón también se observa en los histogramas de clases diamétricas de los tratamientos de Selección del MMOBI y Aclareos del MDS analizados en este estudio, lo que sugiere que no se

cumple el criterio del MDS de mantener una distribución normal tras los aclareos, o bien, una estructura homogénea para tener un rendimiento sostenido en volumen máximo y el mejor potencial productivo del sitio, Pérez-Rodríguez *et al.* (2013), lo que hace suponer que se están considerando otros aspectos como la conservación de la riqueza de especies a través de una estructura tendiente a la heterogeneidad. La distribución mostrada en la Figura 3 refleja que las masas forestales están en un proceso de desarrollo coherente hacia etapas más avanzadas de crecimiento y productividad vegetal. La tendencia exponencial negativa de la distribución diamétrica indica una comunidad en regeneración, progresando hacia estadios superiores de desarrollo. Este comportamiento también ha sido reportado en otras comunidades forestales, como el bosque templado de Puebla (López-Hernández *et al.* 2017) y el bosque de oyamel en Coahuila (Encina-Domínguez *et al.* 2008). Los resultados de este trabajo destacan que *Pinus cooperi* y *Pinus durangensis* son las especies con mayor abundancia, lo cual coincide con reportes de investigaciones previas en bosques de Durango (Graciano-Luna 2001, Návar-Cháidez y González-Elizondo 2009, Graciano-Ávila *et al.* 2017a, 2020). Estos autores mencionan que el manejo se realiza principalmente con el objetivo maderable y que el *P. cooperi* y el *Pinus durangensis* son las especies que garantizan dicho objetivo, ya que por su poda natural se obtiene una madera de buena calidad y por lo tanto de mayor valor económico.

Estructura vertical

Con respecto a la estructura vertical, Graciano- Ávila *et al.* (2020), analizaron la composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México, y encontraron la siguiente dominancia; el estrato I (alto) dominado por el *Pinus cooperi* con 1.1 ind ha⁻¹ y el *Pinus durangensis* con 2.7 ind ha⁻¹; el estrato II por *P. strobiformis* con 29 ind ha⁻¹, *P. Cooperi* con 14 ind ha⁻¹ y *P. durangensis* 3 ind ha⁻¹; y el estrato III (bajo) por hojosas del género *Arbutus*. En el presente trabajo se encontraron más especies por tratamiento, pero en los tres estratos el *P. cooperi* con 3.4 ind ha⁻¹ en el estrato alto, 17 para el estrato medio y 7.11 ind ha⁻¹ en el estrato bajo es la especie más común, así como el *Pinus durangensis* con 6.5 ind ha⁻¹ para el estrato alto, 50 ind ha⁻¹ para el estrato medio y 69 ind ha⁻¹ para el estrato bajo. Estos resultados son similares a los de Flores-Morales *et al.* (2022), quienes evaluaron la estructura de un bosque templado y encontraron una riqueza específica y diversidad media, así como una estructura uniforme según los resultados del índice de Pretzsch. De manera similar, Dávila-Lara *et al.* (2019), en un estudio sobre la estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México, utilizaron el índice de Pretzsch y lo recomendaron para describir la estructura vertical, identificando las especies dominantes en cada estrato. Esto respalda los hallazgos del presente trabajo, ya que el índice explica cómo las alturas están representadas en los diferentes estratos bajo tratamientos de selección y aclareos. También, los resultados concuerdan con los de Návar-Cháidez *et al.* (2009), donde realizaron un análisis de la diversidad, estructura y productividad de los bosques templados de Durango. En su estudio, observaron que distribuciones equilibradas en altura, sesgadas en diámetro, y una mayor diversidad arbórea contribuyen a incrementar la productividad del rodal.

CONCLUSIONES

No se encontró diferencia en las dimensiones de clases diamétricas entre selección (MMOBI) y aclareos (MDS), así como en la densidad, área basal y cobertura después de la aplicación de los tratamientos silvícolas en las diferentes exposiciones, habiendo cambios en la composición de especies cuando se aplican aclareos. Para la estructura vertical, la diversidad de alturas es media-alta por lo que la etapa de desarrollo es latizal. Para el estrato alto en el tratamiento de selección domina el *Pinus durangensis*, luego el *Pinus cooperi* y *Pinus leiophylla*, en el medio *Pinus durangensis*, *Pinus cooperi* y *Quercus sideroxyla* y en el bajo *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi*; para aclareos el *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi* fueron los dominantes en los tres estratos, mostrando la ausencia de muchas especies que si aparecen en el tratamiento de selección.

AGRADECIMIENTOS

JJGL agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de estudios de doctorado otorgada y al Tecnológico Nacional de México, Campus El Salto y al Colegio de Bachilleres del Estado de Durango por las facilidades para realizar sus estudios de Doctorado. CAMA y GGA agradecen a la SECIHTI por la asignación de estancia posdoctoral.

CONFLICTO DE INTERÉS

Todos los autores declaramos que no tenemos intereses en competencia alguna.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón OA (2015) Manejo forestal en el siglo XXI. Madera y bosques 21(spe): 17-28. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Aragón-Piña EE, Garza-Herrera A, González-Elizondo MS, Luna-Vega EL (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. <https://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.003.648>
- Ares A, Berryman SD, Puettmann KJ (2009) Understory vegetation response to thinning disturbance of varying complexity in coniferous stands. Journal of Applied Vegetation Science 12(4): 472-487. <https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2009.01042.x>
- Ares A, Neill AR, Puettmann KJ (2010) Understory abundance, species diversity, and functional attribute response to thinning in coniferous stands. Forest Ecology and Management 260(7): 1014-1113. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.023>
- Ávila-Márquez HL, Corral-Rivas J (2021) Instructivo para el llenado de datos de inventario con fines de elaboración de programas de manejo forestal. CONAFOR. UJED. USC. 28p.
- Buendía-Rodríguez E, Treviño-Garza EJ, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA., González-Tagle Marco A, Pompa-García M (2019) Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de

- carbono en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(54): 4-25. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i54.149>
- Camacho-Rubio AE, González-Tagle MA., Solorio-Benavides JdeD, Durán-Chávez AA, Carmona JX (2016) Relationship between necromass, woody species composition and possible implications of climate change in temperate forests. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(spe): 2601-2614.
- Corral-Rivas S, Álvarez-G JG, Corral-Rivas JJ, López-S CA (2015) Characterization of diameter structures of natural forests of northwest of Durango, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(2): 221-236.
- Corvalán-Vera P, Hernández-Palma J (2006) Densidad del rodal. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales. Depto. Manejo de Recursos Forestales. Cátedra de Dasometría. Chile. 5p.
- Dávila-Lara MA, Aguirre-Calderón OA, Jurado-Ybarra E, Treviño-Garza E, González-Tagle MA, Trincado-Villagrán GF (2019) Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6(18): 399-409. <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2112>
- Delgado-Zamora DA, Heynes-Silerio SA, Mares-Quñones MD, Piedra-Leandro NL, Retana-Rentería FI, Rodríguez-Corral K, Villanueva-Hernández AI, González-Elizondo MA y Ruacho-González L (2016) Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(33): 94-107. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.92>
- Del Río M, Montes-Tubio F, Cañellas I, Montero G (2003) Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales* 12: 159-176.
- Domínguez-Gómez TG, Hernández-González BN, González-Rodríguez H, Cantú-Silva I, Alanís-Rodríguez E, Alvarado MS (2018) Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50): 9-34. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>
- Encina-Domínguez JA, Encina-Domínguez FJ, Mata-Rocha E, Valdes-Reyna J (2008) Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83: 13-24.
- Flores-Morales EA, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza EJ, González-Tagle MA, Alanís-Rodríguez E, Ángeles-Pérez G, Huizar-Amezcu F (2022) Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica* 54: 11-26. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.2>
- Gadow Kv, Zhang ChY, Wehenkel Ch, Pommerening A, Corral-Rivas J, Korol M, Myklush S, Hui GY, Kiviste A, Zhao XH (2012) Estructura y diversidad forestal. In: Pukkala T, von-Gadow K (eds) *Silvicultura de cobertura continua. Gestión de ecosistemas forestales*. Vol. 23. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_2
- García-Aguilar JÁ, Velasco-Velasco VA, Rodríguez-Ortiz G, Enríquez-del Valle JR (2017) Influencia de la calidad de sitio sobre el crecimiento de una plantación de *Pinus patula* Schltdl. et Cham. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(44): 132-154. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i44.108>
- García-Arevalo A, González-Elizondo MS (1998) Pináceas de Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Instituto Politécnico Nacional, Instituto de Ecología A.C., Sistema Regional de Investigación Francisco Villa- Gobierno del Estado de Durango. Durango, México. 179p.
- García-García SA, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza E, Graciano-Ávila G (2020) Contenido de carbono y estructura horizontal de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12(63): 49-70. México. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.800>

- García-García SA, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza E, Cuéllar-Rodríguez LG, Chávez-Costa A (2023) Composición, estructura y estado de la regeneración de un gradiente altitudinal de bosque templado de Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Polibotánica* (56): 81-100. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.56.5>
- González-Elizondo MS, González-Elizondo M, Tena-Flores JA, Ruacho González L, López-Enríquez L (2012) Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403.
- Graciano-Ávila G, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Luján-Soto JE (2017a) 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>
- Graciano-Ávila G, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, González-Tagle MA, Treviño-Garza EJ, Mora-Olivo A (2017b) Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques* 23(3): 137-146. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Graciano-Ávila G, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, González-Tagle M.A, Treviño-Garza EJ, Mora-Olivo A, Corral-Rivas JJ (2020) Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botanica Mexicana* 127: e1522. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1522>
- Hernández-Salas J, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Treviño-Garza EJ, González-Tagle MA, Luján-Álvarez C, Olivas-García JM, Domínguez-Pereda LA (2013) Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(2): 189-199. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2012.08.052>
- Hui G, Gadow KV (2002) Das winkelmass-theoretischetibedegungen zum optimalen standardwinkel. *Allgemeine Forst-Und Jagdzeitung* 73(9): 173-177. <https://doi.org/10.5424/fs/2016251-07968>
- INEGI (2007) Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Serie II Continuo Nacional Durango. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Durango, Dgo., México. s/p.
- Jiménez-Pérez J, Aguirre-Calderón OA, Kramer H (2001) Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales* 10(2): 355-366.
- Leyva-López JC, Velázquez-Martínez A, Ángeles-Pérez G (2010) Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* XVI(2): 227-240. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.038>
- López-Hernández JA, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Monárrez-González JC, González-Tagle MA, Jiménez-Pérez J (2017) Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23(1): 39-51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Manzanilla-Quijada GE, Mata-Balderas JM, Treviño-Garza EJ, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Yerena-Yamallel JI (2020) Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(61): 94-123. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Márquez-Linares MA, González-Elizondo MS (1998) Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino en Durango, México. *Agrociencia* 32(4): 413-419.
- Molina-Marchan E, Narváez-Flores R, Mojica-Guerrero A (2024) Estructura horizontal y diversidad de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* en México. *Polibotánica* 57: 63-80. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.4>
- McIntire-E JB, Piper FI, Fajardo A (2016) Wind exposure and light exposure, more than elevation-related temperature, limit tree line seedling abundance on three continents. *Journal of Ecology* 104(5): 1379-1390. Doi: 10.1111/1365-2745.12599

- Monárrez-González JC, Pérez-Verdín G, López-González CA, Márquez-Linares M, González-Elizondo MS (2018) Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques* 24(2): e2421569. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Mora-Donjuán CA, Buendía-Rodríguez E, Rubio-Camacho EA, Alanís-Rodríguez E, Treviño-Garza EJ (2016) Distribución espacial, composición y estructura de un matorral en el noreste de México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 39(1): 87-95. <https://doi.org/10.35196/rfm.2016.1.87-95>
- Návar-Cháidez JJ, González-Elizondo MS (2009) Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27: 71-87.
- Pérez-López RI, González-Espinosa M, Ramírez-Marcial N, Toledo-Aceves T (2020) Efectos del “Método de Desarrollo Silvícola” sobre la diversidad arbórea en bosques húmedos de montaña del norte de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91(4): 913326. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3326>
- Pérez-Rodríguez F, Vargas-Larreta B, Aguirre-Calderón OA, Corral-Rivas JJ, Rojo-Alboreca A (2013) Proceso analítico jerárquico para seleccionar métodos de manejo forestal en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(15): 55-72.
- Pretzsch H (1996) Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *Allgemeine Forst- Und Jagdzeitung* 167(11): 213-221.
- Pretzsch H (2009) Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model. Springer-Verlag Berlin. Heidelberg, Germany. 664p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88307-4>
- Quiñónez-Barraza G, Cruz-Cobos F, Vargas-Larreta B, Hernández FJ (2012) Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(9): 23-39. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i9.535>
- Ramírez-Marcial, N, González-Espinosa M, Williams-Linera G (2001) Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forests in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154: 311-326. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00639-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00639-3)
- Ramos-Hernández CG, López-Hernández JM, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, González-Rodríguez H (2024) Estructura y diversidad en tres ecosistemas forestales del noreste de México. *Polibotánica* 57: 45-69. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.3>
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. Fecha de consulta: 10 de junio de 2024.
- Rendón-Pérez MA, Hernández-de la Rosa P, Velázquez-Martínez A, Alcántara-Carbajal JL, Reyes-Hernández VJ (2021) Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Madera y Bosques* 27(1): e2712127. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>
- Unidad de Prestación de Servicios Ejidales 6 de El Salto A.C (2007) Programa de manejo forestal sustentable 2007- 2016 para el ejido San Esteban y Anexos, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Unidad de Prestación de Servicios Ejidales 6. El Salto, Durango, México. 146p.
- Silva-García JE, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Jurado-Ybarra E, Jiménez-Pérez J, Vargas-Larreta B, Rivas JJC (2022) Influencia de la altitud y exposición en la estructura y composición de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(70): 64-84. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V13I70.1163>
- Silva-González E, Aguirre-Calderón OA, Alanís-Rodríguez E, Jiménez-Pérez J, Jurado-Ybarra E, Corral-Rivas JJ, Vargas-Larreta B (2022) Influencia de la altitud y exposición en la estructura y composición de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 13(70): e2722082. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1163>
- Wehenkel C, Corral-Rivas JJ, Gadow KV(2014) Quantifying differences between ecosystems with particular reference to selection forests in Durango/Mexico. *Forest Ecology and Management* 316: 17-124. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.056>