



**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

[polibotanica@gmail.com](mailto:polibotanica@gmail.com)

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

# **ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA BAJO DOS ESQUEMAS DE MANEJO FORESTAL E INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN GEOGRÁFICA EN UN BOSQUE DE DURANGO, MÉXICO**

## **TREE STRUCTURE AND DIVERSITY UNDER TWO FOREST MANAGEMENT SCHEMES AND THE INFLUENCE OF GEOGRAPHIC ORIENTATION IN A FOREST IN DURANGO, MEXICO**

**Graciano Luna, J.J., E. Alanís Rodríguez, O. Aguirre Calderón, C.M. Cantú Ayala, J. Yerena Yamallel, C. Martínez Adriano, J. Luján Soto**

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA BAJO DOS ESQUEMAS DE MANEJO FORESTAL E INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN GEOGRÁFICA EN UN BOSQUE DE DURANGO, MÉXICO

TREE STRUCTURE AND DIVERSITY UNDER TWO FOREST MANAGEMENT SCHEMES AND THE INFLUENCE OF GEOGRAPHIC ORIENTATION IN A FOREST IN DURANGO, MEXICO

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 141-161 México. Julio 2025

DOI: 10.18387/polibotanica.60.9



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial ([CC BY-NC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

## Estructura y diversidad arbórea bajo dos esquemas de manejo forestal e influencia de la orientación geográfica en un bosque de Durango, México

### Tree structure and diversity under two forest management schemes and the influence of geographic orientation in a forest in Durango, Mexico

Graciano Luna, J.J.,  
E. Alanís Rodríguez,  
O. Aguirre Calderón, C.M.  
Cantú Ayala, J. Yerena  
Yamalle, C. Martínez Adriano,  
J. Luján Soto

ESTRUCTURA Y  
DIVERSIDAD ARBÓREA  
BAJO DOS ESQUEMAS DE  
MANEJO FORESTAL E  
INFLUENCIA DE LA  
ORIENTACIÓN  
GEOGRÁFICA EN UN  
BOSQUE DE DURANGO,  
MÉXICO

TREE STRUCTURE AND  
DIVERSITY UNDER TWO  
FOREST MANAGEMENT  
SCHEMES AND THE  
INFLUENCE OF  
GEOGRAPHIC  
ORIENTATION IN A  
FOREST IN DURANGO,  
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 141-161. Julio 2025

DOI:  
10.18387/polibotanica.60.9

José de Jesús Graciano-Luna <https://orcid.org/0000-0001-8499-5989>

Eduardo Alanís-Rodríguez / [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx) 

<http://orcid.org/0000-0001-6294-4275>

Oscar Alberto Aguirre-Calderón <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>

Cesar Martín Cantú-Ayala <https://orcid.org/0000-0003-3903-9802>

José Israel Yerena-Yamalle <https://orcid.org/0000-0002-9216-7427>

Cristian Adrián Martínez-Adriano <https://orcid.org/0000-0002-4427-0913>

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

José Encarnación Luján-Soto <https://orcid.org/0000-0001-9427-1909>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de El Salto. Calle Tecnológico # 101, Colonia La Forestal, C.P. 34942, El Salto, P.N., Durango, México

**RESUMEN:** La estructura y la diversidad de una comunidad vegetal son parámetros importantes para conocer la dinámica de un ecosistema. En el presente estudio se analizó el efecto de dos tipos de manejo, el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) con el tratamiento de selección y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) con tratamientos de aclareo, en la estructura y diversidad de especies arbóreas en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango, México. Se determinaron los parámetros ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia (IVI) y se compararon la riqueza y diversidad entre cortas selectivas y aclareos. La información se obtuvo de 52 sitios circulares de 1000 m<sup>2</sup> intervenidos con los dos tipos de manejo. La diversidad Alfa ( $\alpha$ ) se midió mediante el índice de Margalef para la riqueza de especies, y para la diversidad, los índices de Shannon, verdadero de Shannon, Simpson y equitativo de Simpson. Para la diversidad beta ( $\beta$ ) se utilizó el algoritmo de Bray-Curtis. Los resultados muestran que los valores mayores de IVI fueron para *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi*. Se observó una menor riqueza y diversidad cuando se aplican aclareos, existen diferencias en diversidad entre las diferentes orientaciones geográficas y hay un 45% de similitud de en cuanto a riqueza especies entre tratamientos de selección y aclareos.

**Palabras clave:** Índices de diversidad, Aclareos, Selección, Ecosistemas forestales.

**ABSTRACT:** The structure and diversity of a plant community are important parameters for understanding ecosystem dynamics. This study analyzed the effect of two management methods the Mexican Method for the Management of Irregular Forests (MMOBI) with selection treatment and the Silvicultural Development Method (MDS) with thinning treatments on the structure and diversity of tree species in the El Brillante ejido, Pueblo Nuevo, Durango, Mexico. The ecological parameters of abundance, dominance, frequency, and importance value (IVI) were determined, and richness and diversity were compared between selective felling and thinning. Information was obtained from 52 circular sites of 1,000 m<sup>2</sup> each, intervened with the two management methods. Alpha diversity ( $\alpha$ ) was measured using the Margalef index for species richness, and diversity was measured using the Shannon, true Shannon, Simpson, and

Simpson equitable indices. Beta diversity ( $\beta$ ) was measured using the Bray-Curtis algorithm. The results show that the highest IVI values were for *Pinus durangensis* and *Pinus cooperi*. Lower species richness and diversity were observed when thinning was applied; there were differences in diversity between the different geographic orientations, and there was a 56% similarity in species richness between selection and thinning treatments.

**Key words:** Diversity indices, Thinning, Selection, Forest ecosystems.

## INTRODUCCIÓN

La estructura de la comunidad vegetal es uno de los aspectos más importantes para la toma de decisiones en el manejo forestal, ya que de esta depende la productividad y las interacciones intra e interespecíficas dentro de los ecosistemas (Bettinger *et al.*, 2017). Evaluar las diferencias en la estructura de las comunidades forestales es esencial para valorar los cambios que pueden llegar a sufrir estas comunidades por las actividades de gestión (Ramos-Hernández *et al.*, 2024). Los impactos que generan los aprovechamientos forestales son importantes en la modificación de las etapas sucesionales de un ecosistema, debido a que el manejo conlleva a modificaciones significativas en la estructura y la composición de especies (Graciano, 2001). Por lo que el conocer la estructura y composición de los bosques antes de las operaciones del manejo forestal (corta), permite entender los cambios que pueden presentar los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema determinado (Luján-Soto *et al.*, 2008).

La complejidad estructural y la diversidad arbórea en la productividad de los ecosistemas forestales generan una sinergia, siendo la diversidad una característica estructural y la variabilidad un elemento de la biodiversidad (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010; Monárrez-González *et al.*, 2018). Los estudios de estructura y biodiversidad generan conocimientos para asegurar de manera perpetua y óptima servicios ecosistémicos para las necesidades de las generaciones futuras, a través de decisiones y actividades pertinentes sobre el manejo forestal (Aguirre-Calderón *et al.*, 2015; Zúñiga-Vásquez *et al.*, 2018; Ramos-Hernández *et al.*, 2024).

Varios trabajos han aportado evidencias de que los esquemas de manejo pueden afectar significativamente la composición de especies (Graciano-Luna, 2001; Corral-Rivas *et al.*, 2005; Solís-Moreno *et al.*, 2006; Castellanos-B, 2008; Návar-Cháidez & González-Elizondo, 2009; Leyva-López *et al.*, 2010; Hernández-Salas *et al.*, 2013; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Silva-González *et al.*, 2021 & Galván-Moreno *et al.*, 2024). La mayoría de estos trabajos se han enfocado en describir la diversidad alfa de manera excelente, sin embargo, en la actualidad, ante los nuevos compromisos internacionales sobre la conservación de la biodiversidad y la incursión para demostrar un buen manejo a través de la certificación forestal, se requiere generar conocimientos sobre aspectos estructurales por unidad de manejo más específicas, considerando los métodos silvícolas y características ecológicas como la orientación geográfica, la pendiente o la altura sobre el nivel del mar. Los estudios para evaluar la diversidad también son muy necesarios para poder comprender las relaciones entre comunidades forestales con las diferentes orientaciones geográficas y los esquemas de manejo forestal que se prescriben. (Flores-Morales *et al.*, 2022).

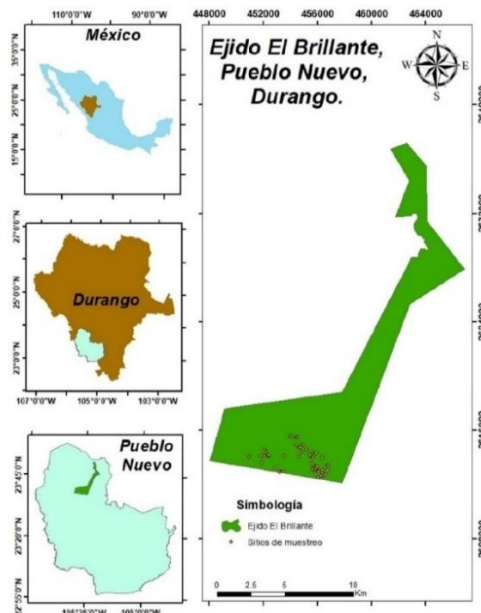
La región de El Salto, ubicada al sur de la capital del estado de Durango, posee una amplia diversidad vegetal, en la cual los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Juniperus* son de gran importancia económica para la región. Los bosques de esta zona se han manejado y aprovechado desde 1926, primero con el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) en 1944 y modificado en 1984 a Método de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), aplicando el tratamiento de selección, así como por el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) mediante tratamientos de aclareos desde la década de los setentas para tener bosques regulares. Sin embargo, existe la necesidad de evaluar los efectos de los tratamientos silvícolas en la estructura y diversidad de los dos métodos de manejo en función de la orientación geográfica, para comprender de qué manera influyen en la riqueza, abundancia y dominancia de las especies, ya que se argumenta que cuando se aplican tratamientos como aclareos, se eliminan algunas especies raras de poca abundancia y la diversidad se modifica porque esa nueva área es colonizada por las especies dominantes que suelen ser las de mayor interés económico (Silva-González *et al.*, 2021).

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto del MMOBI y del MDS en la estructura horizontal del bosque manejado, mediante la abundancia, frecuencia, dominancia, valor de importancia (IVI), riqueza y diversidad, así como conocer la influencia de la orientación geográfica en la composición de especies en bosques del ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango. La hipótesis planteada fue que la estructura y la diversidad es modificada por el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) con el tratamiento de selección y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) con tratamientos de aclareo y que la orientación geográfica influye en dicha modificación. La información generada contribuirá al conocimiento biológico de los ecosistemas forestales en el Noroeste de México y generará conocimiento para la toma de decisiones del manejo de las masas forestales.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en el sistema montañoso de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, en el ejido El Brillante, del municipio de Pueblo Nuevo, entre las coordenadas geográficas 23°50'44.85" latitud N, 105°22'2.95" longitud O y 23°46'49.38" N, 105°20'28.62" O con una Altura de 2600 m s.n.m. (Figura 1). De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (INEGI, 2007), el clima predominante en el área es el tipo C (E) (w), que corresponde a semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación oscila entre los 1 000 a 1 200 mm anuales, con las temperaturas medias anuales de 11.5 °C, las extremas más frías registradas de 8.3 °C y las extremas más calurosas de 14.3 °C (Quiñónez-Barraza *et al.*, 2012). Los tipos de suelo conforman asociaciones entre Regosol, Litosol y Cambisol (UPSE, 2007). Los tipos de vegetación existentes son 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).



**Figura 1.** Localización de los sitios de muestreo (puntos en color naranja) en el área de estudio.

**Figure 1.** Location of sampling sites (orange dots) in the study area.

### Evaluación en campo

La información dasométrica se obtuvo de 52 sitios de monitoreo forestal de forma circular de 1000 m<sup>2</sup>, 38 para MMOBI, y 13 de MDS (Tabla 1), ubicados aleatoriamente en diferentes áreas de corta del actual programa de manejo. 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. Los sitios se dividieron por orientación geográfica 12 sitios para la orientación Norte, Noreste, Noroeste en el grupo (N NE NO); 12 para Sur, Sureste, Suroeste en el grupo (S SE SO) y 14 para Este-Oeste en otro grupo (EO) para MMOBI, 4 sitios (N NE NO), 8 para (S SE SO) y 4 para (EO) en MDS. Se colectó información silvícola dasométrica de cada sitio, por estratos y por tratamiento. Para los análisis se consideraron el diámetro normal ( $D_n > 7.5$  cm), el cual se midió con cinta diamétrica Ben Meadows; altura total ( $H$ ), con un clinómetro Suunto Pm5/360pc; diámetro de copa Norte-Sur y Este-Oeste, así como el registro de la especie de cada individuo. Los formatos utilizados fueron los recomendados por el Sistema de Planeación Forestal para Bosques Templados SiPlaFor (Ávila-Márquez, 2021). Los nombres científicos se consultaron en la página web *The World flora On line List* (<http://www.worldfloraonline.org/>).

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

**Table 1.** Silvicultural, ecological and geographic characteristics of the study sites.

Sitio	AS.N.M.	Pendiente (%)	Orientación	Tratamiento	Manejo	Sitio	A.S.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

### Análisis de la información

Con la información de campo y para cada tratamiento por tipo de manejo y orientación geográfica se realizó un análisis de la composición de especies entre los métodos de manejo MMOBI y MDS, se calculó el área basal y la cobertura en función del diámetro normal y diámetro de copa, con la fórmula del cilindro ( $A = \pi r^2$ ), se estimaron los parámetros estructurales (dominancia, abundancia y frecuencia relativas) y el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI) (Whittaker, 1972; Franco-López J., 1985; Magurran, 1988 y Moreno, 2001).

Para estimar la diversidad en las comunidades forestales evaluadas, se aplicaron los índices de Margalef [ $DM_g$ ], Shannon [ $H'$ ] y el número efectivo de especies con base en la exponencial del índice de Shannon ( $\exp(H')$ ) llamado también índice verdadero de Shannon, conocido como ( $1D$ ), los cuales estiman la diversidad alfa (Moreno, 2011, 2019; Cultid-Medina C & Escobar F., 2019).

Con la identificación de cada especie y su abundancia en ambos tipos de manejo, se calculó el Índice de Dominancia de Simpson (D). Este índice varía de cero a uno, donde 0 significa que no hay dominancia y 1 significa dominancia por especies dentro de la comunidad (Simpson, 1949). Con el índice D, se estimó el Índice de Diversidad de Simpson ( $IDS = 1 - D$ ), también llamado complemento de Simpson, el cual oscila entre 0 donde solo hay una especie y 1 donde hay mucha diversidad. Se realizó una prueba "t" para determinar diferencias estadísticas entre los índices de diversidad en ambos métodos de manejo. Para los análisis de diversidad se utilizó el Excel 2021 (18.0) y el software PAST 3.22 (Hammer, 2001).

Para evaluar la diversidad entre hábitats (grado de reemplazamiento de especies) o cambio biótico a través de condiciones ambientales, se generó un modelo de ordenación Bray-Curtis, el cual es una representación gráfica de la variación de la composición vegetal (Bray & Curtis, 1957).

El análisis se realizó entre tratamientos (Selección, Selección N NO NE, Selección S SE SO, Selección EO, Aclareo, Aclareo N NO NE, Aclareo S SE SO y Aclareo EO). El modelo es un algoritmo que determina el porcentaje de similitud en una medida de distancia, proporciona valores entre 0 y 100, donde el 100 significa que los sitios tienen la misma composición y 0 significa que no comparten especies entre comunidades (Bray & Curtis, 1957). Esta gráfica se elaboró con el algoritmo UPGMA y 999 permutaciones para respaldar el valor de cada rama (Hammer, 2001). Para determinar la distribución de los datos se realizaron pruebas de normalidad Shapiro-Wilk cuando  $n \leq 2000$  con  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS

### Composición de especies

En cuanto a composición de especies, se registraron 24 especies para sitios con MMOBI y 11 para sitios con MDS, distribuidas en cinco familias (Tabla 2). La familia Fagaceae fue la mejor representada con un 46% (11 especies), seguida por Pinaceae con 42% (ocho especies) y 12% por las familias Cupressaceae, Betulaceae y Ericaceae. La familia Fagaceae fue representada por el género *Quercus*, mientras que Pinaceae tuvo nueve especies del género *Pinus* y una de *Pseudotsuga*; en la familia Cupressaceae aparecen el género *Juniperus*, en la Betulaceae *Alnus* y en Ericaceae *Arbutus*.

**Tabla 2.** Listado del arbolado del área de estudio y densidades (Árboles ha<sup>-1</sup>) por tipo de manejo. Los nombres de las especies son acordes a la (WFO's, 2024).

**Table 2.** List of trees in the study area and densities (Trees ha<sup>-1</sup>) by management type. Species names are according to (WFO's, 2024).

Familia	Especie	Densidad (n ha <sup>-1</sup> )			
		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

Se muestra que con las cortas selectivas en el MMOBI existen muchas especies exclusivas (13 especies), principalmente del género *Quercus* y algunas especies de baja densidad como el *Pseudotsuga spp.* y otras del género *Pinus*. En el MDS, las 11 especies que aparecen también se pueden encontrar cuando se aplica MMOBI (Tabla 2).

En cuanto a las densidades, para el MMOBI, el *P. durangensis*, *Arbutus spp* y *Q. sideroxyla* resultaron ser las especies que representan el mayor número de árboles por unidad de superficie, mientras que para MDS el *P. cooperi*, el *P. durangensis* y el *Alnus spp.* Existen otras especies con poca abundancia de los géneros *Quercus* y *Pinus* con porcentajes menores al 3%, principalmente en el MMOBI. Se observa que el *P. durangensis* y *P. cooperi* son las especies con mayor densidad, aunque en MDS cuando se aplican aclareos se aprecia como el *P. cooperi* incrementa su densidad. El *Q. sideroxyla* juega un papel importante en la composición de especies, sin embargo, se observa que con los aclareos del MDS se reduce significativamente su densidad.

Se puede observar también que las especies de interés comercial son las que van dejando los técnicos cuando se aplica MDS, el *P. cooperi* (160 árboles ha<sup>-1</sup>) y el *P. durangensis* (149 árboles ha<sup>-1</sup>), representando éstas dos especies el 64% de la densidad total. Sin embargo, se aprecia en este método, que se están incluyendo otras especies que cohabitan como el *P. leiophylla*, *P. teocote*, *Juniperus depeana*, *Q. sideroxylla*, *Q. rugosa*, *Arbutus* y *Alnus*, especies que anteriormente se eliminaban por la técnica llamada chaponeo.

### Parámetros estructurales (Dominancia, abundancia y valor de importancia)

#### Selección (MMOBI) vs Aclareos (MDS)

En cuanto a la dominancia, en rodales con selección (MMOBI) el *P. durangensis* y *Q. sideroxylla* son las especies que presentan mayor área basal con 6.52 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y 1.84 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> respectivamente. En densidad, el *P. durangensis* y *A. xalapensis* ocuparon los primeros lugares, con 137 y 50 árboles por hectárea en selección (MMOBI), además en el 84% de los sitios con MMOBI se encontraron estas especies, seguidas por *Q. sideroxylla* y *Q. rugosa*. (Tablas 3 y 4).

**Tabla 3.** Parámetros ecológicos relativos para selección y aclareos para los dos métodos de manejo.  
**Table 3.** Relative ecological parameters for selection and thinning for the two management methods.

ESPECIE	Dominancia (Área Basal)		Densidad		Frecuencia		IVI (%)	
	MMOBI	MDS	MMOBI	MDS	MMOBI	MDS	MMOBI	MDS
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
<i>Pinus cooperi</i>	7.65	<b>19.4</b>	6.31	<b>32.91</b>	3.8	10.5	5.93	<b>20.95</b>
<i>Pinus durangensis</i>	<b>36.13</b>	<b>37.5</b>	<b>30.89</b>	<b>30.70</b>	<b>13.7</b>	<b>15.8</b>	<b>26.90</b>	<b>28.00</b>
<i>Pinus leiophylla</i>	1.87	1.79	1.85	1.42	4.7	5.3	2.80	2.83
<i>Pinus teocote</i>	2.54	0.44	2.74	0.16	2.6	1.3	2.61	0.64
<i>Pinus engelmannii</i>	1.62		2.20		1.7		1.84	
<i>Pinus lumholtzii</i>	0.56		0.71		1.3		0.85	
<i>Pinus ayacahuite</i>	3.12	4.51	6.13	6.80	10.7	<b>13.2</b>	6.65	8.16
<i>Pinus chihuahuana</i>	1.10	0.03	0.89	0.16	1.3	1.3	1.09	0.50
<i>Pinus herrerae</i>	2.57		2.56		2.1		2.42	
<i>Juniperus depeana</i>	2.64	2.78	2.92	4.11	3.4	<b>11.8</b>	2.99	6.25
<i>Pseudotsuga spp</i>	0.11		0.06		0.4		0.20	
<i>Quercus sideroxylla</i>	<b>10.21</b>	10.0	<b>10.54</b>	3.80	<b>11.1</b>	10.5	<b>10.62</b>	8.13
<i>Quercus durifolia</i>	0.42		1.25		0.4		0.70	
<i>Quercus coccolobifolia</i>	0.58		0.42		1.3		0.76	
<i>Quercus eduardii</i>	0.80		0.42		1.3		0.83	
<i>Quercus urbanii</i>	3.78		2.62		3.8		3.42	
<i>Quercus crassifolia</i>	2.53		2.08		3.0		2.53	
<i>Quercus viminea</i>	0.30		0.65		1.7		0.89	
<i>Quercus emoryi</i>	0.06		0.06		0.4		0.18	
<i>Quercus fulva</i>	1.47		0.89		0.9		1.07	
<i>Quercus candicans</i>	0.19		0.12		0.9		0.39	
<i>Quercus rugosa</i>	<b>9.54</b>	<b>12.3</b>	8.04	4.43	9.8	7.9	9.14	8.19
<i>Alnus spp</i>	2.40	6.53	4.35	<b>9.65</b>	6.0	<b>11.8</b>	4.24	<b>9.34</b>
<i>Arbutus xalapensis</i>	7.80	4.69	<b>11.31</b>	5.85	<b>13.7</b>	10.5	<b>10.93</b>	7.02
TOTALES	100	100	100	100	100	100	100	100

La dominancia mayor en aclareos la representa el *P. cooperi* (7.92 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y el *P. durangensis* con 4.10 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Se observa también que con la aplicación del MDS a través de los sitios de aclareo, muchas especies del género *Quercus* ya no se encuentran, posiblemente por el chaponeo o a factores abióticos o bien a otras actividades complementarias que se realizan. En el 92.3% de

los sitios con aclareo se encontró el *P. durangensis* y en el 76.9 % el *P. strobiformis*, en 69.2% el *Alnus* spp. y el *Juniperus depeana*, el *P. cooperi* en un 61.5%, luego *Q. rugosa* en un 46.2% de los sitios.

El *P. durangensis* y el *P. cooperi* presentaron los mayores porcentajes de IVI en sitios con MDS y con el tratamiento de aclareos (Tabla 4), las especies que aparecieron en aclareos con menores IVI entre 9% y 1% fueron: *Alnus* spp, *Q. rugosa*, *P. strobiformis*, *Q. sideroxyla*, *A. xalapensis*, *Juniperus depeana*, *P. leiophylla*, *P. teocote* y *P. chihuahuana*, estas dos últimas especies se encontraron en un 7% de los sitios.

En la tabla 4 se presentan los parámetros de dominancia, densidad, frecuencia y Valor de Importancia para las primeras 5 especies con mayor IVI por orientación geográfica y por método de manejo.

**Tabla 4.** Parámetros estructurales por tratamiento para las cinco especies con mayor IVI, ordenadas de manera descendente.

**Table 4.** Structural parameters by treatment for the five species with the highest IVI, ordered in descending order.

ESPECIE	Dominancia (Área Basal)		Abundancia (Densidad)		Frecuencia		IVI (%)
	Absoluta (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (N ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (%)	Relativa (%)	
<b>Selección</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	6.52	36.13	136.6	30.89	84.2	13.7	26.90
<i>Arbutus</i>	1.41	7.80	50.0	11.31	84.2	13.7	10.93
<i>xalapensis</i>							
<i>Quercus</i>	1.84	10.21	46.6	10.54	68.4	11.1	10.62
<i>sideroxyla</i>							
<i>Quercus rugosa</i>	1.72	9.54	35.5	8.04	60.5	9.8	9.14
<i>Pinus strobiformis</i>	0.56	3.12	27.1	6.13	65.8	10.7	6.65
<b>Aclareos</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	7.92	37.50	149.2	30.70	92.3	15.8	28.00
<i>Pinus cooperi</i>	4.10	19.40	160.0	32.91	61.5	10.5	20.95
<i>Alnus</i> spp.	1.38	6.53	46.9	9.65	69.2	11.8	9.34
<i>Quercus rugosa</i>	2.59	12.26	21.5	4.43	46.2	7.9	8.19
<i>Pinus strobiformis</i>	0.95	4.51	33.1	6.80	76.9	13.2	8.16
<b>Selección N NE NO</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	8.19	38.63	124.5	30.79	72.7	10.7	26.69
<i>Quercus</i>	2.24	10.55	64.5	15.96	54.5	8.0	11.50
<i>sideroxyla</i>							
<i>Arbutus</i>	1.27	5.97	34.5	8.54	72.7	10.7	8.39
<i>xalapensis</i>							
<i>Pinus strobiformis</i>	0.77	3.64	22.7	5.62	81.8	12.0	7.09
<i>Quercus rugosa</i>	1.49	7.02	19.1	4.72	36.4	5.3	5.69
<b>Aclareo N NE NO</b>							
<i>Pinus cooperi</i>	8.49	50.71	330.0	63.46	75.0	13.6	42.60
<i>Pinus durangensis</i>	3.48	20.76	75.0	14.42	75.0	13.6	16.27
<i>Pinus strobiformis</i>	1.49	8.87	47.5	9.13	100.0	18.2	12.06
<i>Quercus rugosa</i>	2.50	14.93	17.5	3.37	25.0	4.5	7.61
<i>Juniperus</i>	0.39	2.36	15.0	2.88	75.0	13.6	6.29
<i>depeana</i>							
<b>Selección S SE SO</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	7.09	40.63	166.2	35.01	92.3	14.0	29.86
<i>Quercus</i>	2.10	12.06	66.2	13.94	84.6	12.8	12.93
<i>sideroxyla</i>							

ESPECIE	Dominancia (Área Basal)		Abundancia (Densidad)		Frecuencia		IVI (%)
	Absoluta (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (N ha <sup>-1</sup> )	Relativa (%)	Absoluta (%)	Relativa (%)	
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.76	10.11	53.8	11.35	100.0	15.1	12.19
<i>Quercus rugosa</i>	2.06	11.83	41.5	8.75	92.3	14.0	11.51
<b>Aclareo S SE SO</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	11.39	49.19	200.0	42.70	100.0	16.2	36.04
<i>Pinus cooperi</i>	2.11	9.11	75.0	16.01	50.0	8.1	11.08
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.78	7.69	50.0	10.68	83.3	13.5	10.63
<i>Quercus rugosa</i>	3.15	13.61	30.0	6.41	66.7	10.8	10.28
<i>Quercus sideroxyla</i>	2.71	11.69	28.3	6.05	66.7	10.8	9.52
<b>Selección E O</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	4.75	25.75	132.5	25.85	87.5	14.89	22.16
<i>Arbutus xalapensis</i>	1.67	9.05	78.8	15.37	87.5	14.89	13.10
<i>Quercus rugosa</i>	2.34	12.69	70	13.66	50	8.51	11.62
<i>Pinus cooperi</i>	1.96	10.62	40	7.80	12.5	2.13	6.85
<i>Quercus sideroxyla</i>	1.21	6.56	8.8	1.71	62.5	10.64	6.30
<b>Aclareo E O</b>							
<i>Pinus durangensis</i>	6.16	28.57	126.7	28.57	100.00	17.65	24.93
<i>Alnus spp</i>	5.21	24.15	126.7	28.57	100.00	17.65	23.46
<i>Pinus cooperi</i>	2.16	10.01	100	22.56	66.67	11.76	14.78
<i>Quercus sideroxyla</i>	3.63	16.84	6.7	1.50	66.67	11.76	10.04
<i>Pinus strobiformis</i>	0.68	3.15	33.3	7.52	66.67	11.76	7.48

#### Selección N NE NO vs Aclareos N NE NO

En el tratamiento Selección N NE NO (MMOBI) se encontraron 21 especies y 10 en aclareos orientación N NE NO (MDS). Se observó que varias especies del género *Quercus* como *Q. viminea*, *Q. urbanii*, *Q. candicans*, *Q. eduardii*, *Q. coccolobifolia* y *Q. crassifolia* y *P. lumholtzi* y el *P. teocote* que se encuentran en Selección N NE y NO ya no aparecen en el Aclareo N NE y NO. El *Pseudotsuga* spp. se ve afectado quizás por la falta de sombra y humedad de la orientación norte, ya que no aparece cuando se aplican aclareos.

La densidad de *A. xalapensis* disminuyen de 34 árboles ha<sup>-1</sup> en Selección N NE NO a 10 árboles por hectárea en Aclareo N NE NO. El *P. cooperi* y el *P. durangensis* se encontraron en el 75% de los sitios en Aclareo N NE NO, sin embargo, resulta interesante que el *P. strobiformis* aparece en el 100% de los sitios con Aclareo N NE NO pero con área basal pequeña (1.49 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). Los valores mayores de IVI en Selección N NE NO los presenta el *P. durangensis* con 26.69%, *Q. sideroxyla* con 11.50%, *A. xalapensis* con 8.39% y *P. strobiformis* con 7.09%. Es importante que los técnicos pongan especial cuidado cuando apliquen cortas de selectivas con *P. engelmannii*, *P. lumholtzii* y *Pseudotsuga* spp, ya que observaron valores de IVI muy pequeños debido a sus bajas abundancias. En Aclareo N Ne NO esta dominando el *P. cooperi* con 8.49% y con más del 50% de las áreas basales (8.5m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), con una densidad de 330 árboles ha<sup>-1</sup> y con un IVI de 42.69%. El *P. durangensis* ocupó el segundo lugar con un IVI de 16.27 y el *P. strobiformis* con 12.02%. En Aclareo N Ne NO las especies con índices de valor de importancia menores fueron: *P.*

*strobiformis*, *Q. rugosa*, *Juniperus deppeana*, *Q. sideroxyla*, *Alnus* spp., *A. xalapensis*, *P. leiophylla*, y *P. chihuahuana*.

#### Selección S SE SO vs Aclareo S SE SO

En el tratamiento de Selección S SE SO se encontraron 15 especies y con Aclareos S SE SO nueve especies, proliferan las hojosas, pero cuando se aplican los tratamientos también cambian las especies. En selección S SE SO el *P. durangensis* ocupa el primer lugar en el IVI con 29.86%, se presenta en el 92.3% de los sitios analizados, tiene densidades de 166 árboles ha<sup>-1</sup>, con 7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, ocupando el 40% de área basal, le sigue el *Q. sideroxyla* apareciendo en el 84.6% de los sitios y con un IVI de 12.93%, luego *Arbutus xalapensis* con 53.8 árboles ha<sup>-1</sup> y un IVI de 12.19% pero se encuentra en todos los sitios muestreados con área basal de 1.76 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. El *Q. rugosa* también es importante en los sitios de Selección Sur con 41 árboles ha<sup>-1</sup> y con un IVI de 11.51% encontrándose en el 92% de los sitios de muestreo con Selección S SE SO.

Resulta interesante saber que en este tratamiento (Selección S SE SO) aparecen muchas especies de hojosas y algunas coníferas de bajas abundancias; en orden descendente por su valor del IVI del quinto lugar en adelante son: *P. strobiformis*, *P. cooperi*, *P. teocote.*, *J. deppeana*, *Q. crassifolia*, *Alnus* spp., *P. leiophylla*, *P. engelmannii*, *Q. fulva*, *Q. candicans* y *Q. urbanii*. El *Juniperus deppeana*, *Alnus* spp. y *P. leiophylla*.

En el Aclareo S SE SO es dominado por el *P. durangensis* con 200 árboles ha<sup>-1</sup>, apareciendo en el 100% de los sitios y con el máximo IVI de 26.04%, además el 49.19% de las áreas basales es ocupada por ésta especie, sigue el *P. cooperi* con 76 árboles ha<sup>-1</sup>, estando presente en el 50% de los sitios y un IVI de 11.08%, las otras especies tienen un IVI que va de 10 a 3% y con densidades promedio de 50 a 21 árboles ha<sup>-1</sup>, esas especies son el *Arbutus xalapensis* apareciendo en el 83% de los sitios, el *Quercus rugosa* con 13.61% del área basal con 3.15 m<sup>2</sup> ha, *Q. sideroxyla*, *Juniperus deppeana*, *Alnus* spp., *P. strobiformis* y *P. leiophylla* apareciendo en el 60% de los sitios y con IVI de 9.5, 6.68, 6.3, 6,1 y 3.35% respectivamente.

#### Selección EO vs Aclareo EO

Para el tratamiento Selección EO y Aclareo EO, el IVI más alto fue para el *P. durangensis*, con 132.5 árboles ha<sup>-1</sup> en Selección EO y 126 en Aclareo EO, sin embargo, para Selección EO siguen el *Arbutus xalapensis* y el *Q. rugosa*, mientras que para el Aclareo EO el *Alnus* spp. y el *P. cooperi*. El *P. durangensis* se presentó en 87 de los sitios, el *Arbutus* 78% en Selección EO y el *P. durangensis* y el *Alnus* spp. en el 100% de los sitios con Aclareo EO. Para Selección EO se presentaron 18 especies y nueve para el Aclareo EO.

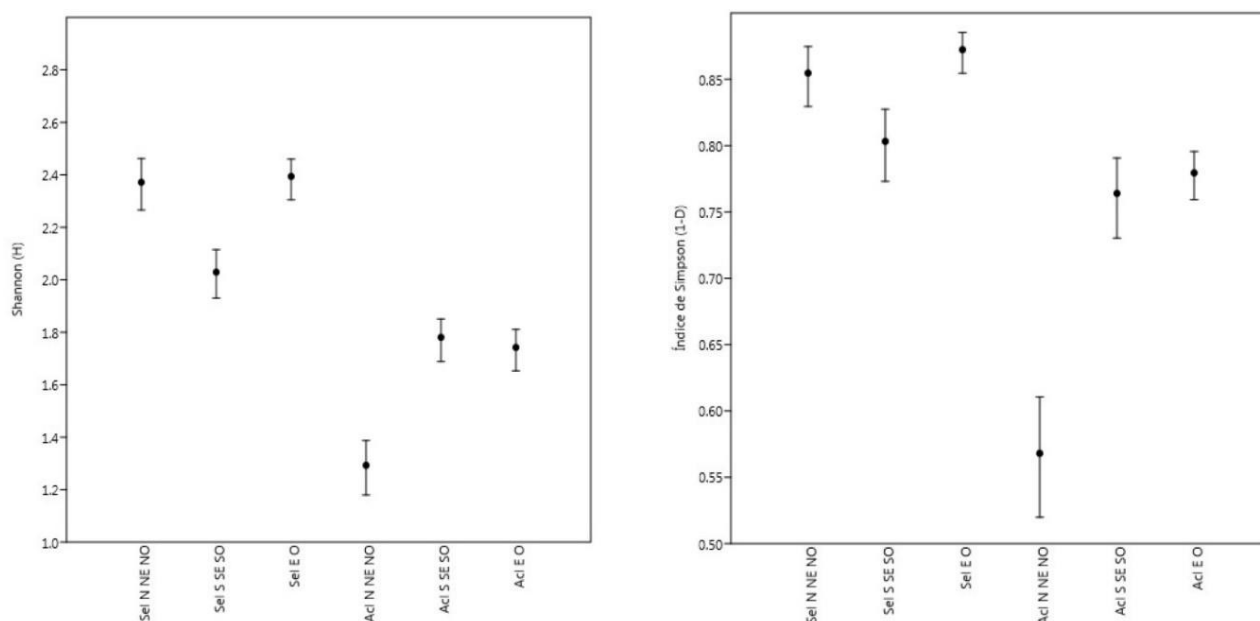
#### Diversidad Alfa

Con respecto a los índices de riqueza y diversidad, para el tratamiento Selección, Selección N NE NO, Selección S SE SO y Selección EO; el índice de riqueza de Margalef (Dmg) mostró promedios de 2.85 ± 0.48, para Shannon (H<sup>+</sup>) 2.32 ± 0.15 y para la diversidad de Simpson (1-D) 0.85±0.02. Estos valores del MMOBI, fueron superiores que para MDS con Aclareo, Aclareo N NE NO, Aclareo S Se SO y Aclareo EO, donde, el índice de Margalef fue en promedio de 1.57±0.12, el de Shannon de 1.6±0.24, y para la diversidad de Simpson un promedio de 0.72±0.11. Con el tratamiento de selección del MMOBI se observó que la riqueza es mayor, encontrando 23 especies y tan solo 11 con el MDS, se aprecia la diferencia de riqueza y diversidad entre tratamientos, observando una diversidad media para los tratamientos de Selección (MMOBI) y baja para Aclareos (MDS). Con los valores anteriores, se muestra poca dispersión entre los índices sobre todo para los tratamientos de selección, donde presenta una desviación estándar muy baja, como es el caso del índice de Simpson. Los índices para los aclareos muestran una diversidad baja y poca variación entre ellos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de índices de riqueza y diversidad por tipo de manejo MMOBI (selección) y MDS (Aclareos) en diferentes orientaciones geográficas.

**Table 5.** Richness and diversity index values by management type MMOBI (selection) and MDS (thinning) in different geographic orientations.

Tratamiento	Manejo	Especies (S)	Margalef (Dmg)	Diversidad de Shannon (H')	Número de especies efectivas ( <sup>1</sup> D)	Dominancia de Simpson (D)	Diversidad de Simpson (1-D)
Selección	MMOBI	24	3.09	2.43	11.36	0.14	0.86
Selección N NE NO	MMOBI	21	3.28	2.37	10.65	0.15	0.85
Selección S SE SO	MMOBI	15	2.18	2.1	8.2	0.17	0.82
Selección E O	MMOBI	18	2.83	2.38	10.88	0.12	0.87
Aclareo	MDS	11	1.55	1.77	5.9	0.22	0.78
Aclareo N NE NO	MDS	10	1.68	1.28	3.6	0.44	0.56
Aclareo S SE SO	MDS	9	1.42	1.77	5.9	0.24	0.76
Aclareo E O	MDS	9	1.64	1.71	5.52	0.22	0.78



**Figura 2.** Índices de diversidad de Shannon-Weiner y Simpson por tratamiento para los dos métodos de estudio (Selección MMOBI y Aclareos MDS). Los valores graficados representan la media  $\pm$  error estándar.

**Figure 2.** Shannon-Weiner and Simpson diversity indices by treatment for the two study methods (MMOBI Selection and MDS Thinning). Values plotted represent the mean  $\pm$  standard error.

Existen diferencias entre tratamientos de selección y aclareos, mostrando una mayor diversidad el tratamiento de selección en exposiciones N NE NO que en S SE SO. Se observa también como el Aclareo N NE NO presentó la menor diversidad (Figura 2).

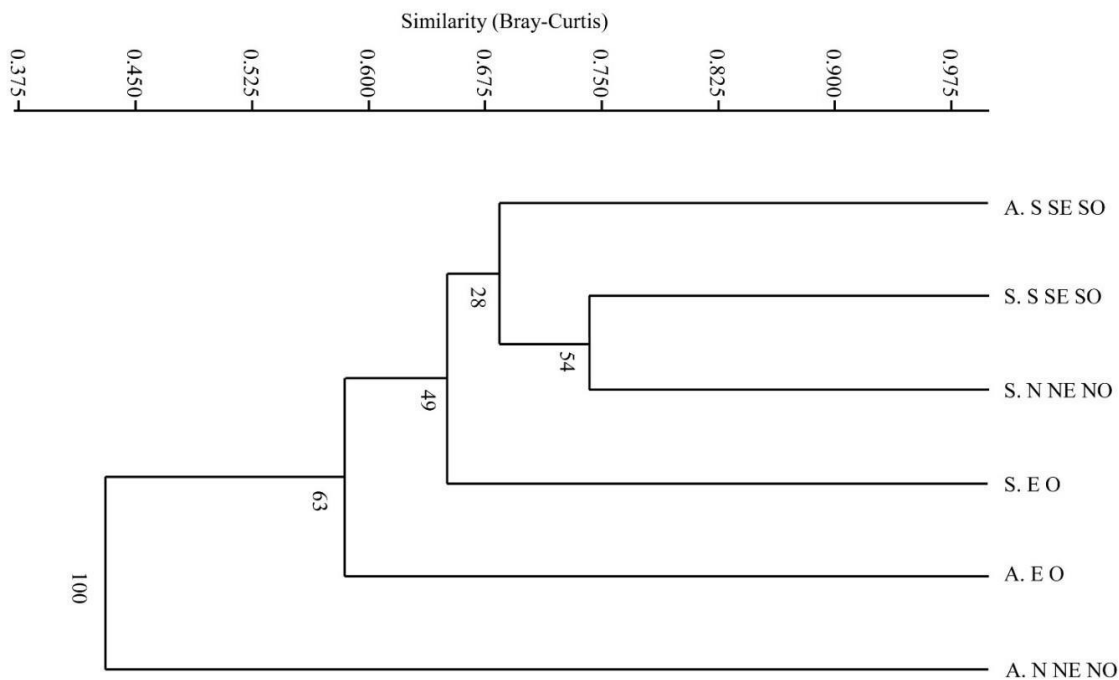
Se muestra también en la figura anterior que en el índice efectivo de especies (<sup>1</sup>D) se observan valores altos de las especies más abundantes para las diferentes orientaciones geográficas en el MMOBI, en cambio para el MDS valores muy bajos, lo que se puede demostrar que en este tipo de manejo y con tratamientos con aclareos la diversidad se reduce y pocas especies ocupan las mayores abundancias (*P. cooperi*, *P. durangensis* y *Arbutus xalapensis* ó *Q. sideroxylla*). El índice de dominancia de Simpson (D) representa poca probabilidad de que dos individuos seleccionados

al azar sean de la misma especie en tratamientos de selección, habiendo mayor probabilidad en aclareos y sobre todo mayor en Aclareos N NE NO. El complemento de Simpson muestra que los rodales manejados con selección en las diferentes orientaciones presentan mayor diversidad como lo es el de Selección E O (0.86), Selección (0.85) y Selección N NE NO (0.82). El Aclareo N NE NO fue el que mostró menor diversidad de acuerdo al complemento de Simpson de 0.56.

### Similitud entre comunidades

Los resultados obtenidos del análisis de similitud mediante la técnica de Bray-Curtis, muestran un 45% de similitud entre ambos métodos de manejo forestal. Se observan cuatro grupos de comunidades vegetales bien definidos, considerando un valor de referencia de 0.675, el primero conformado por Aclareo S SE SO, Selección S SE SO y Selección N NE NO, estas comunidades presentaron la mayor similitud de especies. El tratamiento Selección EO forma otro grupo. el tercer Aclareo EO y el cuarto grupo el Aclareo N NE NO que representó la comunidad vegetal con menor similitud de especies ocurriendo por separado del resto de las comunidades evaluadas (Figura 3).

Las especies generalistas que se registraron en todos los tratamientos analizados fueron: *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. strobiformis*, *J. deppeana*, *Q. sideroxylla*, *Q. rugosa*, *Alnus spp.* y *A. xalapensis*, mientras que las especies especialistas se presentaron en el MMOBI y fueron: *P. engelmannii*, *P. lumholtzii*, *P. herrerae*, *Pseudotsuga spp.*, *Q. durifolia*, *Q. coccolobifolia*, *Q. eduardii*, *Q. urbanii*, *Q. crassifolia*, *Q. viminea*, *Q. emoryi*, *Q. fulva*, *Q. candicans*.



**Figura 3.** Dendrograma de similitud basado en análisis Bray Curtis entre tratamientos con diferentes orientaciones. A: aclareos y S es selección; N, S, E, O, NE, NO, SE, SO se refieren a las exposiciones donde se encontraron las comunidades vegetales estudiadas. Los números cercanos a cada rama son el porcentaje de permutaciones que respaldan cada nodo de separación en el dendrograma de agrupación final.

**Figure 3.** Dendrogram of similarity based on Bray Curtis analysis between treatments with different orientations. A: thinning and S is selection; N, S, E, W, W, NE, NW, SE, SW refer to the exposures where the studied plant communities were found. The numbers near each branch are the percentage of permutations supporting each split node in the final clustering dendrogram.

La correlación cofenética (Cophen. corr. 0.901) obtenida mostró una buena medida del grado de ajuste para la clasificación de nuestro conjunto de datos (Saraçlı *et al.*, 2013).

## DISCUSIÓN

### Composición de especies

En el manejo de recursos forestales, la diversidad y la estructura son variables que aportan bases para la toma de decisiones en la silvicultura, manejo y aprovechamiento, así lo mencionan (García & Sánchez, 2005); López-Hernández *et al.* (2017); Flores-Morales *et al.* (2022). Estos últimos autores, reportan 24 especies y siete familias en su estudio “Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México”, resultados semejantes en el tratamiento de selección del presente trabajo, ya que el de referencia también está manejado con MMOBI con el tratamiento de selección.

Las familias representadas en los métodos de manejo analizados coinciden con las reportadas por García Arévalo & González Elizondo (1998) Graciano-Ávila *et al.* (2017) para las cadenas montañosas de Durango, dominadas por Pinaceae y Fagaceae. Las especies con mayor abundancia pertenecen al género *Pinus*, concordando con López-Hernández *et al.* (2017) que mencionan a este género como el de mayor abundancia en los bosques templados. El número de especies resultó mayor que el reportado por Graciano-Ávila *et al.* (2020) de 16 especies en 4 familias, en el estudio de cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México con MMOBI.

Los más de 40 estudios revisados por Monárrez-González *et al.* (2018) con respecto al manejo de ecosistemas y la diversidad, donde se destaca que los tratamientos silvícolas modifican la estructura y diversidad, coinciden con los resultados de este trabajo, ya que se demuestra que al aplicar MDS se modifica la riqueza de especies, aunque faltaría comparar con rodales donde no se ha realizado ningún tipo de manejo. Algunos autores encontraron una relación entre el manejo forestal y la diversidad arbórea (Solís-Moreno *et al.*, 2006; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010; Leyva-López *et al.*, 2010 y Graciano-Ávila *et al.*, 2020), donde se modifica la riqueza, pero se incrementa después del manejo por reclutamiento de rodales adyacentes o por los tipos de propagación vegetativa de algunas especies (Graciano, 2001 y Hernández-Salas *et al.*, 2013).

### Parámetros estructurales

La diferencia estructural encontrada entre sitios con MMOBI y MDS es consistente con la estructura documentada por diversos autores como Graciano (2001), Solís-Moreno *et al.* (2006), Hernández-Salas *et al.* (2013), Graciano-Ávila *et al.* (2017, 2020), Flores-Morales *et al.* (2022) y Silva-González *et al.* (2021) en bosques templados. Estas conclusiones semejantes se deben a que el área de estudio está localizada en la llamada Región de El Salto, donde a nivel paisaje comparten factores abióticos como algunas características geofísicas, por lo que se prescriben los mismos tratamientos silvícolas, bajo los dos tipos de manejo analizados.

Los resultados obtenidos en densidad coinciden con los citados por Delgado Zamora *et al.* (2016) y Graciano-Ávila *et al.* (2017) de 565 y 575 árboles ha<sup>-1</sup>, en bosques templados de Durango. Silva-García *et al.* (2022), en su trabajo sobre la influencia de la altitud y orientación geográfica en la estructura y composición de un bosque templado reportan densidades y áreas basales que coinciden con los resultados de este trabajo en un intervalo altitudinal de 2400 a 2500 m s.n.m. Flores-Morales *et al.* (2022), reporta a *P. cooperi* con 158 árboles ha<sup>-1</sup>, *Q. Sideroxyla* con 130 árboles ha<sup>-1</sup> y al *P. durangensis* con 75 árboles ha<sup>-1</sup> como las especies de mayor densidad en un trabajo similar en bosques de Durango. Por el contrario, (López-Hernández *et al.* (2017) registraron valores más bajos, de 389 árboles ha<sup>-1</sup> y 11 especies en bosques del estado de Puebla, lo cual puede atribuirse a que los bosques evaluados presentan actividades más intensivas de aprovechamiento, en comparación con las del presente estudio.

Silva-García *et al.* (2022) reportan que, al aumentar la altitud, el área basal aumenta, asimismo, también mencionan que la orientación y la pendiente pueden influir en la productividad de diversas áreas. Los resultados de este estudio muestran que el área basal total es mayor en aclareos

con  $21.12 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . esto se debe a que, desde el punto de vista fisiológico, al abrir la masa, se incrementa la cantidad de luz solar que detona una mayor tasa fotosintética y por lo tanto mayor desarrollo, sin embargo, no hay diferencias significativas por orientación geográfica. Estos autores concluyen que las características topográficas influyen en la estructura y riqueza de especies, que la mayor diversidad florística se encuentra en altitudes bajas y exposiciones sur. Los resultados son similares a los estimados por (Graciano-Ávila *et al.* (2017), quienes calcularon un área basal de  $23.54 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  en bosques templados de Durango con MMOBI. El área basal estimada es mayor a la encontrada por Caballero-Cruz *et al.* (2022) quienes obtuvieron valores de (22.21, 19.30 y  $32.28 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ) en el análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, México. También es superior al reportado por Dávila-Lara *et al.* (2019), para un bosque templado en San Luis Potosí y similar a lo registrado para bosques templados de Nuevo León por Ramos-Hernández *et al.* (2024) y en Chihuahua por Hernández-Salas *et al.* (2013), es decir que los bosques de Durango presentan mayores dominancias (área basal total por especies).

Los resultados del IVI, muestran que en selección con MMOBI *P. durangensis* presenta la mayor importancia relativa (26%), sin embargo, en sitios con aclareos del MDS, se observó que *P. cooperi* llega a tener hasta más del 40% de IVI. Graciano-Ávila *et al.* (2017) reportan que *P. Cooperi*, *P. durangensis* y *Q. sideroxyla* ocupan el 26, 23 y 15% respectivamente en un bosque de Durango con MMOBI. En 2020 en el estudio “Cambios estructurales de la vegetación en un bosque templado de Durango, México”, estos mismos autores coinciden con las especies de mayor porcentaje de IVI (*P. durangensis* 46%, *Q. sideroxyla* 16% y *P. cooperi* con 11%). Lo anterior obedece a que los principios del MDS es uniformizar la estructura con las especies de mejor calidad de la madera y de mayor productividad, por lo que *P. cooperi* y *P. durangensis* son las especies ideales para dichos fines. Cuando se aplica un tratamiento, se dejan espacios donde ecológicamente serán ocupados por individuos que se reclutarán para aprovechar los recursos y generalmente lo van a hacer las especies con mejor capacidad de reproducción, de competencia y de dispersión. Flores-Morales *et al.* (2022) también coinciden con que *P. cooperi* con 20%, *Q. sideroxyla* con 16% y *P. durangensis* con 11% son las especies que presentan mayores valores de IVI en los bosques templado de Durango. Domínguez-Gómez *et al.* (2018) realizaron un estudio en la zona norte de la región de El Salto, donde las condiciones de calidad de sitio son pobres y ahí encuentran que *Q. sideroxyla* con 34%, *P. teocote* y *Arbutus jalapensis* ocupan los primeros lugares en el IVI. En este estudio la orientación geográfica influyó en la riqueza de especies, así como en su productividad, ya que las orientaciones sur, sureste y suroeste ofrecen mayor cantidad de luz, favoreciendo la fotosíntesis y la oportunidad de ocupar espacios más rápidamente. La consociación de *P. cooperi* y la asociación de *P. durangensis* con otras especies de *Pinus* y *Quercus*, se cuentan entre las más representativas de la vegetación de la Sierra Madre Occidental en Durango (Delgado Zamora *et al.*, 2016).

### Diversidad

Con respecto a la diversidad alfa, el índice de diversidad de Shannon de 2.3 para tratamientos de selección fueron semejantes a los estimados en bosque templados por Solís-Moreno *et al.* (2006) de 2.05, y a los de Domínguez-Gómez *et al.* (2018) quienes reportaron 2.53, fue inferior al de López-Hernández *et al.* (2017) de 3.94, para bosques templado de Puebla, también a los reportados por Graciano-Ávila *et al.* (2017) en bosques de la misma región que el área de estudio que fueron de 5.75. Estos resultados muestran que el MMOBI permite que, con el tratamiento de selección, se mantenga la biodiversidad, ya que se observó que la composición florística no se ve afectada, faltaría estudiar dicha diversidad a través de rasgos funcionales para comprobar que se conservan los procesos y servicios ecosistémicos. El índice de Shannon para aclareos de 1.6, fue muy similar a los 1.91 y 1.51 encontrados por Dávila-Lara *et al.* (2019), en bosques templados de San Luis Potosí. Los resultados también muestran mayor diversidad de la Sierra Madre Occidental que la Oriental, ya que Ramos-Hernández *et al.* (2024) muestran índices de Shannon-Wiener de 1.6, 1.24 y 1.15 para bosques de pino, encino pino y encino respectivamente en la Sierra Madre Oriental. El número efectivo de especies ( ${}^1D$ ) fue más alto para selección con MMOBI (11.36) que en aclareos con MDS (5.9), estos valores concuerdan con los trabajos

reportados por Solís-Moreno *et al.* (2006), Graciano-Ávila *et al.* (2017) y Domínguez-Gómez *et al.* (2018) donde los valores más altos son para bosques irregulares y más antiguos, tal como el patrón general para matorrales encontrado en estudios donde las comunidades de plantas más antiguas tienen mayor riqueza y diversidad de especies (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2018, 2023). El complemento de Simpson se utilizó para describir cual tratamiento es el más diverso, encontrando valores que van desde 0.56 a 0.87, más altos que los que reporta Solís-Moreno *et al.* (2006) y parecidos a los de López-(Hernández-Salas *et al.*, 2013 y Graciano-Ávila *et al.*, 2017). Los resultados de este trabajo coinciden con los de Flores-González *et al.* (2021), donde demuestran que no existen diferencias significativas en la dominancia y abundancia, sin embargo, a diferencia de los resultados de este autor donde no encontró diferencias entre la riqueza con aclareos, en este estudio si presentaron diferencias, reduciendo el número de especies.

### Similitud Florística

A través del algoritmo de Bray Curtis se muestra que algunos tratamientos comparten varias especies entre orientaciones, quizás por la intensidad de luz y la cantidad de sombra y humedad, tal como lo consideran Martínez-Pastur *et al.* (2007) donde mencionan que la prescripción de métodos silvícolas se basa para mantener un equilibrio entre la apertura del dosel para la llegada de la lluvia al suelo y favorecer el ingreso de luz, así como para mantener una cobertura arbórea para la protección y la generación de semillas. Siles *et al.* (2017) mencionan que la orientación, la inclinación y la altitud, tienen gran influencia en la composición florística y la riqueza de especies. Para orientaciones sur se presentó mayor riqueza en los tratamientos de Selección, donde aparecieron más especies de hoja ancha que en comparación con las orientaciones Norte donde *P. cooperi* y *P. durangensis* son los dominantes en Aclareos, esto se debe a que las condiciones geográficas y factores abióticos del área de estudio son favorables para el desarrollo de estas especies, principalmente en orientaciones norte. La asociación es mayor a la obtenida por Ramos-Hernández *et al.* (2024) que fue de 21% en bosques de la Sierra Madre Oriental. Los resultados también prueban que la similitud entre comunidades está ligada a la altitud y orientación geográfica, como lo dice Chust *et al.* (2006) y Silva-García *et al.* (2022) que va de 46 a 65%, donde estos factores pueden determinar las especies que deberán de adaptarse a diferentes comunidades. La similitud depende en gran medida de la adaptación de los taxones (Hernández-Salas *et al.* 2013) y a las condiciones naturales y de disturbio del hábitat (Delgado-Zamora *et al.*, 2016). Luna-Bautista *et al.* (2015) mencionan que la similitud de especies aumenta con el tiempo de aplicación de tratamientos silvícolas, debido a los factores bióticos y abióticos asociados al ecosistema. Domínguez-Gómez *et al.* (2018) reportan baja similitud en el dendrograma de ordenación Bray-Curtis al estudiar la estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental, y esto se atribuye a las condiciones del sitio y a los métodos de manejo.

### MMOBI y MDS

Solís-Moreno *et al.* (2006) en su estudio sobre el efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México, concluyen también como los resultados de este trabajo que en los tratamientos de selección (MMOBI) existe mayor mezcla y diversidad de especies que en aquellos sitios donde se aplican cortas por aclareos (MDS). Silva-González *et al.* (2021), realizaron un estudio del efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados bajo manejo en Durango, en el cual concluyen que el aprovechamiento forestal no modifica la diversidad y estructura de especies del estrato arbóreo, esto contrasta con los resultados obtenidos en el presente trabajo donde no se observan diferencias en ciertos parámetros estructurales como en la dominancia y abundancia, pero si en la diversidad de especies.

Hernández-Salas *et al.* (2013), realizaron una investigación sobre los cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silvícolas en Oaxaca, los resultados demostraron que en las zonas de aprovechamiento forestal, después de la aplicación de los tratamientos, se formó un sólo tipo de bosque del género *Pinus*, por lo que las tendencias de los resultados del presente trabajo demuestran que si se sigue utilizando el MDS a través de aclareos, se debe

considerar la composición de especies, dado que pueden desaparecer especies diferentes a las pináceas que comparten hábitat de manera natural.

Bhat *et al.* (2020) concluyen que la orientación geográfica influye en la riqueza, abundancia y dominancia de las especies, así como en la distribución en las cadenas montañosas. Es necesario seguir evaluando dichos cambios a nivel rodal, haciendo énfasis en las principales orientaciones, ya que las comunidades vegetales difieren de acuerdo a su orientación geográfica (Santiago *et al.*, 2019).

La aplicación del MDS en superficies mayores, requiere de evaluaciones para entender los cambios en la estructura a largo plazo. Los resultados también muestran que se requiere el conocimiento de factores ecológicos que propicien una buena diversidad de especies no compartidas entre MMOBI y MDS para el apoyo de acciones efectivas de regeneración natural de las especies sensibles a la aplicación del MDS, tal como lo menciona Ramírez-Marcial *et al.* (2001) y Pérez-López *et al.* (2020) 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, donde registran principalmente efectos de bajo impacto sobre los principales parámetros de la estructura y diversidad.

## CONCLUSIONES

El método de manejo es determinante para la composición florística, la riqueza y la estructura silvícola dasométrica, ya que el MMOBI a través del tratamiento de selección, se puede considerar como una técnica conservadora que promueve la permanencia de la diversidad y mantiene una estructura heterogénea y el MDS a través de los aclareos reduce la riqueza y modifica los parámetros estructurales de dominancia, densidad, frecuencia y valor de importancia, manteniendo una estructura homogénea.

Los resultados indican que dentro de las áreas evaluadas en las diferentes orientaciones geográficas y por método de manejo se presentaron algunas diferencias en cuanto a la diversidad, lo que hace suponer que la orientación influye en la riqueza y diversidad, densidad e IVI pero no así en los parámetros de área basal y cobertura. Es importante tomar medidas de conservación de las especies con valores de IVI bajos al momento de hacer el manejo para que se conserve la riqueza de los bosques. Estas especies son: *Q. candicans*, *Pseudotsuga* spp en Selección y Selección N NE NO al igual que *el P. lumholtzii*, *Q. fulva*, *Q. candicans* y *Q. urbanii* en Selección S SE SO.

El impacto de los dos tipos de manejo MMOBI y MDS, así como de sus tratamientos sobre la conservación de la diversidad vegetal y la estructura está relacionado con la intensidad y la calidad productiva del bosque, ya que de esto depende su resiliencia para mantener dicha estructura.

## 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 agradece al CONAHCYT por la asignación de estancia posdoctoral.

## LITERATURA CITADA

Aguirre- Calderón Ó. A. (2015). Manejo forestal en el Siglo XXI. Madera y Bosques, 21 (81), 17–28.  
Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Canizales-Velázquez, P. A., Jiménez-Pérez, J., Uvalle-Sauceda, J. I., Valdecantos-Dema, A., & Ruiz-Bautista, M. G.

- (2010). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México.
- Alanís-Rodríguez, E., Martínez-Adriano, C. A., Sanchez-Castillo, L., Rubio-Camacho, E. A., & Valdecantos, A. (2023). Land abandonment as driver of woody vegetation dynamics in Tamaulipan thornscrub at Northeastern Mexico. *PeerJ*, 11. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.15438/>
- Alanís-Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Canizales-Velázquez, P. A., Collantes Chávez-Costa, A., Rubio-Camacho, E., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Valdecantos-Dema, A., Canizales-Velázquez, P. A., Collantes Chávez-Costa, A., Rubio-Camacho, E., & Mora-Olivo, A. (2018). Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botánica Mexicana*, 2018(125), 133–156. <https://doi.org/10.21829/ABM125.2018.1329>
- Ávila-Márquez H. L., C.-R. J. (2021). Instructivo para el llenado de datos de inventario con fines de elaboración de programas de manejo forestal (versión Durango). 1–25.
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J. P., & Grebner, D. L. (2017). *Forest Management and Planning: Second Edition*. Forest Management and Planning: Second Edition, 1–349. [https://www.researchgate.net/publication/312136918\\_Forest\\_Management\\_and\\_Planning\\_Second\\_Edition](https://www.researchgate.net/publication/312136918_Forest_Management_and_Planning_Second_Edition)
- Bhat, J. A., Kumar, M., Negi, A. K., Todaria, N. P., Malik, Z. A., Pala, N. A., Kumar, A., & Shukla, G. (2020). Species diversity of woody vegetation along altitudinal gradient of the Western Himalayas. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01302. <https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2020.E01302>
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- Caballero-Cruz, P., Treviño-Garza, E. J., Mata-Balderas, J. M., Alanís-Rodríguez, E., Yerena-Yamalle, J. I., Cuéllar-Rodríguez, L. G.C (2022). Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccihuatl, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), 76–102. <https://doi.org/10.29298/RMCF.V13I71.1253>
- Carlos-Monárrez-González, J., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Antonio Márquez-Linares, M., del, M., & González-Elizondo, S. (2018). Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Castellanos, B. J. F. (2008). Composición y estructura de bosques de pino encino bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Facultad de Ciencias Forestales, UANL*.
- Chust, G., Chave, J., Condit, R. S., Aguilar, S., Lao, S., & Pérez, R. A. (2006). Determinants and spatial modeling of tree B-diversity in a tropical forest landscape in Panama. *Journal of Vegetation Science*, 17(1), 83–92. <https://doi.org/10.1111/J.1654-1103.2006.TB02426.X>
- Corral Rivas, J. J., Aguirre Calderon, O. A., Jimenez Perez, J., & Corral Rivas, S. (2005). An analysis of the forest utilization effect on the structural diversity in «El Cielo» cloud forest, Tamaulipas, Mexico. *Forest Systems*, 14(2), 217–228. <https://doi.org/10.5424/SRF/2005142-00885>
- Cultid-Medina C, & Escobar F. (2019). (PDF) Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). <https://www.researchgate.net/publication/340104672>
- Dávila-Lara, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jurado-Ybarra, E., Treviño-Garza, E., González-Tagle, M. A., & Trincado-Villagrán, G. F. (2019). Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18). <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2112>
- Delgado Zamora, M., Alfredo, D., Silerio, H., Alonso, S., Quiñones, M., Daniela, M., Leandro, P., Leticia, N., Rentería, R., Isela, F., Corral, R., Hernández, V., Ituriel, A. & González, E. MS. (2016). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo,

- Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63445804007>
- Domínguez-Gómez, T. G., Hernández-González, B. N., González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Alanís-Rodríguez, E., & Alvarado, M. del S. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>
- Flores-Morales, E. A., Aguirre-Calderón, O. A., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Angeles-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*, 0(54), 11–26.  
<https://doi.org/10.18387/POLIBOTANICA.54.2>
- Franco-López J. (1985). *Manual de Ecología* (Trillas, Ed.; 1st ed., Vol. 1).
- Galván-Moreno, V. S., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., Olivas-García, J. M., & Cuéllar-Rodríguez, L. G. (2024). Efecto del manejo forestal en los ecosistemas forestales: Effect of forest management on forest ecosystems. *E-CUCBA*, 22(22), 27–33. <https://doi.org/10.32870/E-CUCBA.VI22.345>
- García-Arévalo, Abel., & González-Elizondo, M. Socorro. (1998). *Pináceas de Durango*. 179. [https://books.google.com/books/about/Pin%C3%A1ceasde\\_Durango.html?hl=es&id=5T5iAAAAMAAJ](https://books.google.com/books/about/Pin%C3%A1ceasde_Durango.html?hl=es&id=5T5iAAAAMAAJ)
- García, R. G. G., & Sánchez, A. R. (2005). ¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal? *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 20. <https://doi.org/10.31167/CSEF.V0I20.9521>
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., & López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, 100(100), 351–403.  
<https://doi.org/10.21829/ABM100.2012.40>
- Graciano, J. J. (2001). Técnicas de evaluación dasométrica y ecológica de los bosques de coníferas bajo manejo de la Sierra Madre Occidental del centro sur de Durango, México. Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Luján-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535.  
<https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Mora-Olivo, A., & Corral-Rivas, J. J. (2020). Structural changes of arboreal vegetation in a temperate forest of Durango, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 127. <https://doi.org/10.21829/ABM127.2020.1522>
- Hammer, Ø. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*.  
[https://www.academia.edu/3448604/PAST\\_paleontological\\_statistics\\_software\\_package\\_for\\_education\\_and\\_data\\_analysis](https://www.academia.edu/3448604/PAST_paleontological_statistics_software_package_for_education_and_data_analysis)
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. M., & Domínguez-Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 19(2), 189–199.  
<https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2012.08.052>
- INEGI. (2007). *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Serie II Continuo Nacional Durango*. Escala 1:250 000.
- Leyva-López, J. C., 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, J. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzalez, J. C., González-Tagle, M. A., & 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>
- Luján, S. J. E. (2008). Análisis estructural de los ecosistemas de *Pinus cembroides* y su aprovechamiento en el estado de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Luna-Bautista, L., De La Rosa, P. H., Velázquez-Martínez, A., Gómez-Guerrero, A., & Acosta-Mireles, M. (2015). El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 21(1), 109–121. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2014.08.037>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. *Ecological Diversity and Its Measurement*. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Morales, E. A. F., Calderón, O. A. A., Garza, E. J. T., Tagle, M. A. G., Rodríguez, E. A., Pérez, G. Á., & Amezcua, F. H. (2022). Diversidad y estructura de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica*, 0(54). <https://doi.org/10.18387/Polibotanica.54.2>
- Moreno, C. E. (n.d.). M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Primera Edición: 2001 Título del volumen: Métodos para medir la biodiversidad. <http://entomologia.rediris.es/sea>
- Moreno, C. E. (2019). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (LiberMex, Ed.).
- Martínez Pastur G, MV Lencinas, PL Peri, M Arena. 2007. Photosynthetic plasticity of *Nothofagus pumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. *Forest Ecology and Management* 243(2): 274-282.
- Návar-Cháidez, J. de J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27(27), 71–87. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/785>
- Pérez-López, R. I., González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Pérez-López, R. I., 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). <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2020.91.3326>
- Quiñónez Barraza, G., Cobos, F. C., Vargas Larreta, B., & Hernández, F. J. (2012). Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. Diameter, height and volume estimation from the stump of forest species of Durango State. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(9), 23-39. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322012000100003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000100003)
- 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(1–2), 311–326. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00639-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00639-3)
- Ramos-Hernández, C. G., López-Hernández, J. M., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M. V., & González-Rodríguez, H. (2024). Estructura y diversidad en tres ecosistemas forestales del noreste de México. In *Polibotánica* (Vol. 0, Issue 57). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.3>
- Santiago, R. R., Pérez, G. Á., De La Rosa, P. H., Alcalá, V. M. C., Escalante, O. P., & Clark-Tapia, R. (2019). Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura, diversidad y dinámica de rodales mixtos en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/MYB.2019.2531818>
- Saraçlı, S., Doğan, N., & Doğan, I. (2013). Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation. *Journal of Inequalities and Applications*, 2013(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1029-242X-2013-203/TABLES/2>
- Siles G., P., T. A. Patricia, F. A. Rugama, L. Alaniz y W. O. González. 2017. Composición florística, estructura y biomasa de los bosques de Pino-Encino en la reserva Santa Rosa,

**Recibido:**  
3/agosto/2024

**Aceptado:**  
12/enero/2025

- Tisey, Estelí, Nicaragua. *Revista de Biología Tropical* 65 (2): 763–776. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i2.22928>
- Silva-García, J. E., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Jurado-Ybarra, E., Jiménez-Pérez, J., Vargas-Larreta, B., & Rivas, J. J. C. (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, O. A., Treviño-Garza, E. J., Alanís-Rodríguez, E., & Corral-Rivas, J. J. (2021). Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados bajo manejo en Durango, México. *Madera y Bosques*, 27(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity [16]. *Nature*, 163(4148), 688. <https://doi.org/10.1038/163688A0>
- Solís-Moreno, R., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Jurado-Ybarra, E., & 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. <https://doi.org/10.21829/MYB.2006.1221242>
- UPSE. (2007). Programa de manejo forestal sustentable 2007- 2016.
- WFO's Release World Flora Online. (2024). <https://about.worldfloraonline.org/june-2024-release>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *taxon*, 21(2–3), 213–251. <https://doi.org/10.2307/1218190>
- Zúñiga Vásquez, J. M., Martínez López, E. A., Navarrete Gallardo, C., Graciano Luna, J. d. J., Maldonado Ayala, D., & Cano Mejía, B. (2018). Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 73, 27–36. <https://doi.org/10.33064/IYCUIAA201873204>