

EFFECTOS DEL MANEJO FORESTAL EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL ARBÓREA EN BOSQUES DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

EFFECTS OF FOREST MANAGEMENT ON COMPOSITION AND DIVERSITY OF NATURAL TREE REGENERATION IN FORESTS OF THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Luna Robles, E.O., I. Cantú Silva y M.I. Yáñez Díaz

EFFECTOS DEL MANEJO FORESTAL EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL ARBÓREA EN BOSQUES DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

EFFECTS OF FOREST MANAGEMENT ON COMPOSITION AND DIVERSITY OF NATURAL TREE REGENERATION IN FORESTS OF THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL

EFFECTOS DEL MANEJO FORESTAL EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL ARBÓREA EN BOSQUES DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

EFFECTS OF FOREST MANAGEMENT ON COMPOSITION AND DIVERSITY OF NATURAL TREE REGENERATION IN FORESTS OF THE SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Luna Robles, E.O.,
I. Cantú Silva
y M.I. Yáñez Díaz

EFFECTOS DEL MANEJO
FORESTAL EN LA
COMPOSICIÓN Y
DIVERSIDAD DE LA
REGENERACIÓN NATURAL
ARBÓREA EN BOSQUES DE
LA SIERRA MADRE
OCCIDENTAL

EFFECTS OF FOREST
MANAGEMENT ON
COMPOSITION AND
DIVERSITY OF NATURAL
TREE REGENERATION IN
FORESTS OF THE SIERRA
MADRE OCCIDENTAL

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 50: 19-30 Agosto 2020

DOI:
10.18387/polibotanica.50.2

E.O. Luna Robles

I. Cantú Silva / icantu59@gmail.com

M.I. Yáñez Díaz

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Forestales

Carr. Nac. Km 145, Linares, Nuevo León, CP 67700.

RESUMEN: Con el objetivo de evaluar la composición y diversidad de especies de la regeneración natural en bosques templados de la Sierra Madre Occidental, se establecieron ocho sitios de estudio (4 m²) al azar dentro de rodales intervenidos con los métodos de árboles Padre, Selección en grupo y comparados con un rodal de Referencia (testigo), en total, se registraron 24 sitios de muestreo, donde las variables registradas fueron altura (m), diámetro de cuello (cm) y área de copa (m²). Se determinó el índice de valor de importancia (IVI), así como la diversidad y riqueza de especies utilizando los índices de Shannon-Wiener (H') y Margalef (D_{Mg}), respectivamente. La similitud se obtuvo con el índice Sorensen. En total se registraron 5 especies de regeneración natural, pertenecientes a 3 géneros y 3 familias, donde el género *Pinus* se vio mayormente representado por tres especies. En los rodales de Referencia y Selección en grupos la especie con mayor abundancia fue *Pinus durangensis* (10,000 y 20,000 Ind/ha, respectivamente), mientras que *Quercus sideroxylla* lo fue para el área de Árboles Padre (21,250 Ind/ha). El índice de Shannon (H') y Margalef (D_{Mg}) consideran a la regeneración como de baja diversidad, mientras que los resultados del análisis de similitud indicaron que los rodales de Referencia y Selección tienen 75% en común, mientras que el área de Árboles Padre mostró una similitud ligeramente inferior (64%). El presente estudio permitirá establecer referencias para el manejo forestal, a partir de los parámetros ecológicos determinados.

Palabras clave: Bosques templados, Árboles Padre, Selección en grupo, índices de diversidad, manejo forestal.

ABSTRACT: With the objective of evaluating the composition and diversity of species of natural regeneration in temperate forests of the Sierra Madre Occidental, eight study sites (4 m²) were established at random within managed forest stands with the methods of Seed-trees, Group selection and compared to a stand of Reference (control), in total, 24 sampling sites were recorded, where the variables recorded height (m), neck diameter (cm) and crown area (m²). The importance value index (IVI) was determined, as well as the diversity and species richness using the Shannon-Wiener (H') and Margalef (D_{Mg}) indices, respectively. Similarity was obtained with the Sorensen index. In total, 5 species of natural regeneration were registered, belonging to 3 genera and 3 families, where the *Pinus* genus was mostly represented by three species. In the Reference and Groups selection stands, the species with the highest abundance was *Pinus durangensis* (10,000 and 20,000 Ind / ha, respectively), while *Quercus sideroxylla* was for the area of Seed-trees (21,250 Ind / ha). The Shannon (H') and Margalef (D_{Mg}) index considers regeneration to be of low diversity, while the

results of the similarity analysis indicate that the Reference and Group selection stands have 75% in common, while the area of Seed-trees showed slightly lower similarity (64%). The present study establishes references for forest management based on the specified ecological parameters.

Key words: Temperate forests, Seed-trees, Group selection, diversity indices, forest management.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la administración de un bosque se ejecutan una serie de prácticas silvícolas: cortas de regeneración, cortas intermedias y cortas de saneamiento (Monárrez-González *et al.*, 2018), determinando la composición y abundancia de todos los estratos vegetales e involucrando siempre aspectos sociales, económicos y ecológicos (Aguirre-Calderón, 2015). El bosque templado se extiende en una superficie de 4.5 millones de hectáreas en el estado de Durango, equivalentes al 13.2 % de la superficie continental de México, este ecosistema forestal es considerado de gran importancia para el ser humano, ya que proporcionan múltiples beneficios ecológicos y socio-económicos (López-Hernández *et al.*, 2017). Además de que en términos de diversidad vegetal contribuyen con alrededor de 10,000 especies, prácticamente una tercera parte de la flora nacional (Rzedowski, 1991).

En la región, el manejo forestal se hace bajo dos métodos de ordenación; **a)** Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) donde el aprovechamiento se da mediante el tratamiento único de cortas de selección, en el cual se extraen árboles maduros, que proporcionan la mayoría de los productos comerciales, con el fin de mitigar competencia y propiciar condiciones de establecimiento de la regeneración y el desarrollo de los árboles más jóvenes con posibilidades de llegar a una corta final (López-Hernández *et al.*, 2017) y **b)** Método de Desarrollo Silvícola (M.D.S.) el cual considera la aplicación de varias cortas de aclareo en la etapa de crecimiento rápido del bosque, y al final del turno se aplica una corta intensiva llamada corta de regeneración (dejando en pie solamente Árboles Padre), para promover que se establezca la regeneración natural, misma que es liberada en el siguiente ciclo de corta (Hernández-Díaz, J.C., Corral-Rivas, J.J., Quiñones-Chávez, A., Bacon-Sobbe, J.R., & Vargas-Larreta, 2008), en general ambos casos modifican la composición de especies, el crecimiento y el desarrollo de un bosque (Ares *et al.*, 2010). De importancia es recalcar que al ejecutarse las prácticas silvícolas se modifica la luminiscencia, características físicas de suelo, microclima etc., afectando la densidad de la regeneración y favoreciendo el establecimiento de especies intolerantes a la sombra (Leyva-López *et al.*, 2010; Smith *et al.*, 1997), estudios como el de Hernández *et al.* (2019), señalan que el método de Árboles Padre garantiza la continuidad de la diversidad de especies arbóreas, sin embargo existen lagunas de información sobre la respuesta del establecimiento de especies diferentes a las cortas de regeneración. En tal contexto, el manejo forestal podría ocasionar modificaciones en la población efectiva que da origen a la regeneración (Barik *et al.*, 1996). Por lo anterior, radica la importancia de evaluar los efectos sobre las características ecológicas (estructura, composición y diversidad de las especies) post-disturbios, mediante indicadores de diversidad, que permitan definir si existe un manejo forestal sustentable (Aguirre-Calderón *et al.*, 2008).

Los objetivos de esta investigación fueron analizar el efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad y composición de la regeneración natural arbórea, a partir de la estimación de los índices de diversidad alfa y beta (Shannon y Margalef, respectivamente), los indicadores de abundancia, frecuencia, e índice de valor de importancia ecológica, y evaluación de la diversidad β mediante coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos.

MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en una zona ubicada en los bosques del ejido “La Ciudad” en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango (noroeste de México) (fig. 1), entre las coordenadas: longitud: -105.690556 y latitud: 23.732222, situada en el macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Presenta promedios anuales de temperatura y precipitación de 18 °C y 1200 mm, respectivamente, el suelo dominante en la zona pertenece al tipo Umbrisol (Zúñiga Vásquez *et al.*, 2018). La vegetación está compuesta principalmente por *Pinus durangensis* Ehren, *Pinus cooperi* C. E. Blanco, *Pinus ayacahuite* Ehren, *Juniperis deppeana* Steud y *Quercus sideroxylla* Humb. & Bonpl. (González-Elizondo *et al.*, 2012).

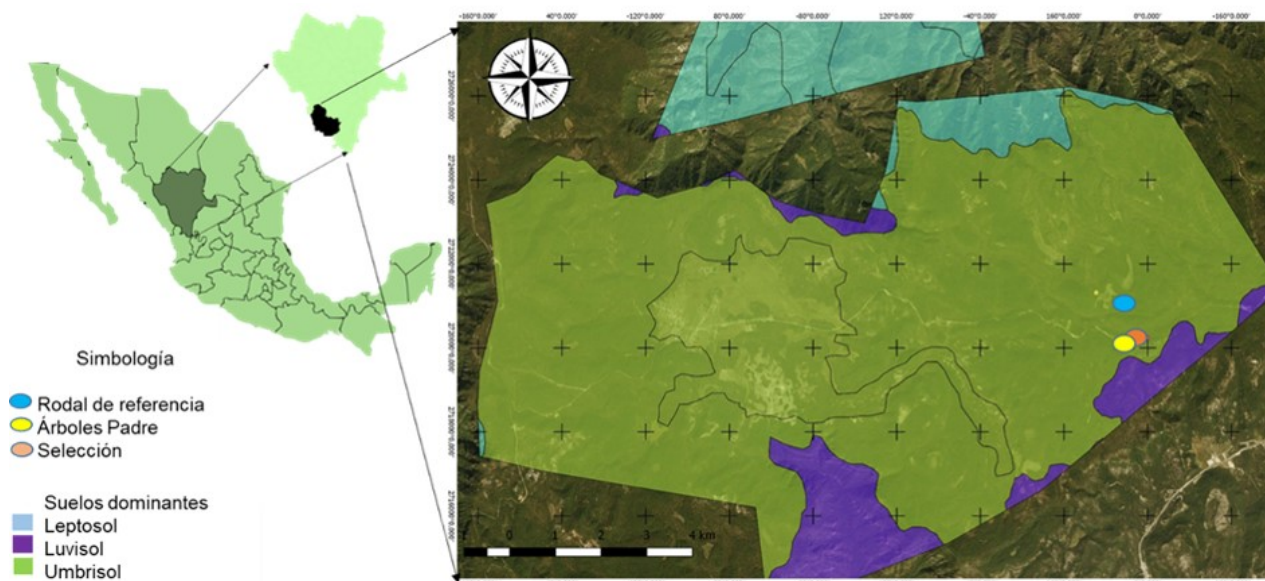


Fig. 1. Área de estudio.

La evaluación se realizó en tres rodales silvícolas situados sobre el suelo dominante Umbrisol, dos de ellos sometidos a cortas de regeneración entre 2014 y 2016; 1) Árboles Padre (AP): cuenta con un área de 9 ha y se aplicó una intensidad de corta del 80% cuando tenía 206.8 m³ ha⁻¹, dejando una densidad residual de 77 Ind ha⁻¹ y un volumen de 41.3 m³ ha⁻¹, cabe señalar que se ha intervenido con el método de árboles Padre para *Pinus durangensis* principalmente, por ser la especie de mayor distribución e interés económico de la región, 2) Selección en grupos (S): cuenta con 20 ha y fue establecido con un volumen inicial de 223.8 m³ ha⁻¹, aprovechándose el equivalente al 34% del volumen total. Ambas áreas fueron comparadas con un rodal de Referencia o testigo (R), considerado así por ser la masa arbórea más próxima a aplicarse corta de regeneración, cuya superficie es de 4.35 ha y un volumen real de 231 m³ ha⁻¹. En la tabla 1, se muestran las características de la estructura arbórea después de ser aplicada la corta de regeneración y del rodal de Referencia (testigo), cabe señalar que se carece de información estructural anterior a la aplicación de las cortas.

Tabla 1. Valores promedio de las características arbóreas post cortas de regeneración y del rodal de referencia.

Rodal	Densidad Ind/ha	DN	Altura m	DC m ²	Cobertura m ² /ha
Árboles Padre	80	38.16	18.20	7.34	3,385
Selección	250	26.88	15.40	5.26	5,433
Rodal de referencia	660	21.25	16.23	5.30	14,561

DN = Diámetro normal, DC = Diámetro de copa

Muestreo

En cada rodal se distribuyeron aleatoriamente ocho sitios de forma cuadrangular de 2 x 2 m (4 m²), en total, se levantaron 24 sitios de muestreo cubriendo los tres rodales, censando todos los individuos de regeneración natural arbórea, midiendo los diámetros de copa con orientación norte-sur y este-oeste, diámetro de cuello y altura (Caballero, 2012). Cabe señalar que otros autores han empleado muestreos similares, como Castellán-Lorenzo & Arteaga-Martínez (2009) quienes emplearon seis sitios de forma cuadrangular al azar de 5 X 5 m, equivalente a una intensidad de muestreo del 2.5%.

Análisis ecológico

A partir de los datos de los sitios de muestreo, se obtuvo información esencial para calcular por cada especie su abundancia, de acuerdo con el número de individuos; dominancia, en relación con el área de copa y frecuencia en función a la presencia en los sitios de muestreo, y con ello determinar el Índice de Valor de Importancia (IVI). Las fórmulas para estos cálculos se describen a continuación:

Abundancia:

$$A_i = N_i/E$$

$$AR_i = \left[A_i / \sum_{i=1..n} A_i \right] \times 100$$

Dónde: A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y ha es la superficie de muestreo.

Cobertura:

$$D_i = Ab_i/E(ha)$$

$$DR_i = \left[D_i / \sum_{i=1..n} D_i \right] \times 100$$

Dónde: D_i es la cobertura absoluta, DR_i es cobertura relativa de la especie i respecto a la cobertura, Ab el área de copa de la especie i y E la superficie (ha).

Frecuencia:

$$F_i = P_i/NS|$$

$$FR_i = \left[F_i / \sum_{i=1..n} F_i \right] \times 100$$

Dónde: F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la suma de las frecuencias, P_i es el número de sitios en el que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) se calculó de acuerdo a Whittaker (1972) y Moreno (2001), considerando valores relativos que van del 0 al 100 (Mostacedo & Fredericksen, 2000):

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

Para la evaluación de la diversidad de la regeneración del bosque se aplicaron los índices de Shannon [H'] (Shannon & Warren, 1964) y Margalef [D_{Mg}] (Margalef, 1958) que estiman la diversidad alfa y riqueza de especies, respectivamente, a partir de las siguientes ecuaciones:

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

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

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Dónde: S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos y n_i es el número de individuos de la especie i .

Para determinar la similitud en la composición de especies de la regeneración natural arbórea, entre rodales se empleó el índice de Sorensen, el cual se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente (Moreno, 2001). Este índice estima entre 0 y 1, donde 1 significa que los dos sitios tienen la misma composición (es decir que comparten todas las especies), y 0 significa que los dos sitios no comparten ninguna especie.

Análisis estadísticos

Las variables índices de Shannon, Margalef, así como la sumatoria de la Abundancia y Cobertura indicaron normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se procedió a realizar un análisis de varianza de un factor y prueba post hoc (prueba de Tukey) para identificar los grupos con medias distintas ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

En total se registraron 5 especies de regeneración natural, pertenecientes a 3 géneros y 3 familias. Pinaceae fue la familia más representada con tres especies, y el género *Pinus* el que tuvo un mayor número de especies (3) (tabla 2).

Tabla 2. Lista de las especies encontradas en los rodales de Referencia, árboles Padre y Selección.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Pinaceae	<i>Pinus durangensis</i>	pino blanco
Pinaceae	<i>Pinus cooperi</i>	pino real
Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i>	pino cahuite
Fagaceae	<i>Quercus sideroxyla</i>	encino colorado
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	táscate

En las áreas de Referencia y Selección la especie con mayor abundancia fue *Pinus durangensis* (10,000 y 20,000 Ind/ha, respectivamente), mientras que *Quercus sideroxyla* lo fue para el área de árboles Padre (21,250 Ind/ha). Sin embargo, *Pinus durangensis* fue la especie con mayor cobertura entre todas las especies de manera general, el Índice de Valor de Importancia ecológico presentó el siguiente orden por taxón para el rodal de Referencia *Pinus durangensis* > *Quercus sideroxyla* > *Juniperus deppeana* > *Pinus cooperi*. Los valores de IVI para los sitios aprovechados por cortas de árboles Padre y Selección presentaron los siguientes patrones *Pinus durangensis* > *Quercus sideroxyla* > *Pinus ayacahuite* > *Juniperus deppeana* y *Pinus durangensis* > *Quercus sideroxyla* > *Juniperus deppeana* > *Pinus ayacahuite*, respectivamente (tabla 3).

Tabla 3. Abundancia, Cobertura y Frecuencia de Índice de Valor de importancia de las especies registradas.

Rodal	Parámetro ecológico	Especies				
		<i>Pinus durangensis</i>	<i>Pinus cooperi</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Quercus sideroxyla</i>	<i>Juniperus deppeana</i>
Rodal de referencia	A (Ind./ha)	10,000	1,250	*	6,250	2,500
	C (m ² /ha)	2,087.50	262.50	*	1,246.88	1,106.25
	F (%)	27.27	9.09	*	36.36	27.27
	IVI	40.55	6.97	*	31.38	21.10
árboles Padre	A (Ind./ha)	18,750	*	1,875	21,250	1,250
	C (m ² /ha)	869.46	*	48.47	751.04	83.45
	F (%)	44.44	*	22.22	22.22	11.11
	IVI	45.85	*	9.78	38.12	6.26
Selección	A (Ind./ha)	20,000	*	625	5,625	2,500
	C (m ² /ha)	3,577.50	*	62.50	654.06	875
	F (%)	36.36	*	9.09	27.27	27.27
	IVI	58.38	*	4.16	19.83	17.63

A = Abundancia, C = Cobertura de copa, F = Frecuencia, IVI = Índice de Valor de Importancia.

* Asterisco señala que esta especie no se encontró en el rodal.

En cuanto a la densidad y cobertura total de la regeneración del arbolado se obtuvieron los siguientes datos: 1) 20,000 árboles ha⁻¹ y 4,703 m² ha⁻¹, en rodal de Referencia, 2) 43,125 árboles ha⁻¹ y 1,752 m² ha⁻¹, en árboles Padre y, 3) 28,750 individuos ha⁻¹ y 5,199 m² ha⁻¹, en Selección (fig. 2).

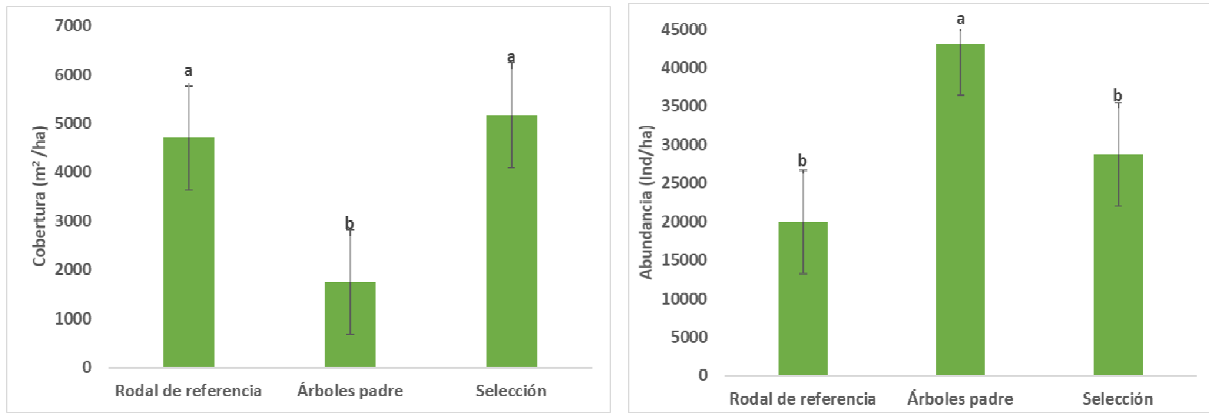


Fig. 2. Abundancia y cobertura de la regeneración natural arbórea en los tres rodales silvícolas, letras diferentes indican diferencia significativa (Prueba de Tukey con $P < 0.05$).

El índice de Shannon mostro valores que rondan del 0.81 al 1.04, donde el rodal de Selección ($H' = 0.86$) y árboles Padre ($H' = 0.81$) mostraron valores similares, mientras que el rodal de Referencia ($H' = 1.04$) arroja valores mayores en contraste con los antes mencionados. En general los valores del índice de Margalef son considerados bajos, aunque el rodal de Referencia difiere con ambas cortas. Los rangos de ambos índices ecológicos son característicos para comunidades vegetales de bosque templado (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2012; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; López-Hernández *et al.*, 2017) (fig. 4).

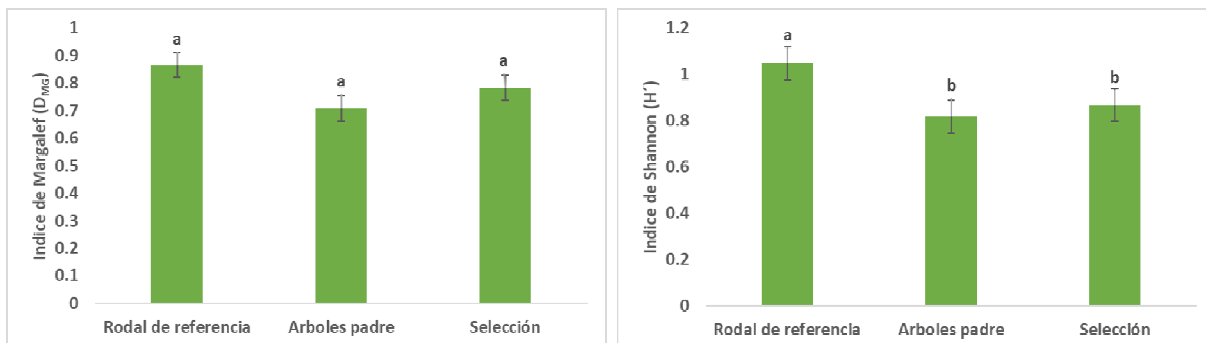


Fig. 3. Índices de diversidad (Margalef y Shannon), letras diferentes indican diferencia significativa entre rodales (Prueba de Tukey con $P < 0.05$).

En la figura 4 se muestran los resultados del análisis de similitud, mediante la técnica de clasificación de Sorensen, mostrando la existencia de un subconjunto constituido por el rodal de Referencia y Selección con un valor de 75% en común, mientras que el área de árboles Padre mostró una similitud ligeramente inferior (64%).

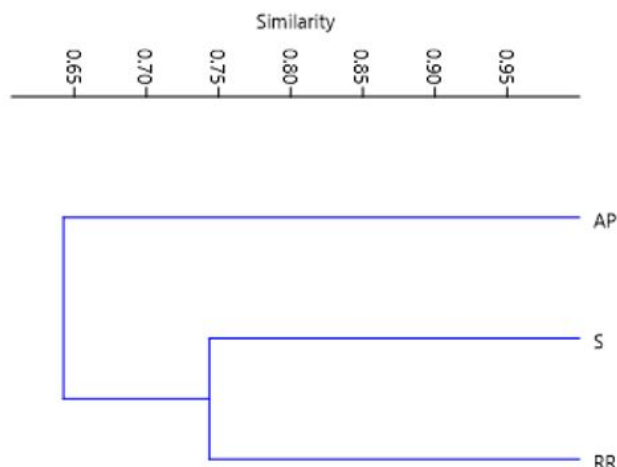


Fig. 4. Índice de similitud de Sorensen para rodal de Referencia (RR), árboles Padre (AP), Selección (S).

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, el género *Pinus* representó en mayor proporción a la regeneración natural en los tres rodales investigados, Graciano-Ávila *et al.* (2017) ha confirmado que las pináceas son más dominantes en los bosques de Durango, igualmente Zúñiga Vásquez *et al.* (2018) y Alonso-Torrens *et al.* (2016) reportan valores de importancia altos para el género *Pinus*. Leyva-López *et al.* (2010) señalan que esta dominancia no limita en gran medida el establecimiento de otras especies, tales como *Quercus sideroxyla* y *Juniperus deppeana* encontrados en el presente estudio.

Según Zavala (2004) lo antepuesto, puede estar relacionado con la respuesta de algunas especies (capacidad de desarrollarse, competir y reproducirse) a los métodos de regeneración (disturbios). Específicamente, el método de selección permite el establecimiento y desarrollo a especies semitolerantes (Shields *et al.*, 2007) y el de árboles Padres a especies completamente intolerantes a la sombra (Smith *et al.*, 1997).

Los resultados del presente estudio y lo señalado anteriormente, coinciden con Hernández *et al.* (2019) quienes atribuyen que la presencia de especies de pino y encino en la regeneración natural, se debe a su capacidad de responder favorablemente a la luz solar, así como al tipo de reproducción que tienen (pino; producción y dispersión por semilla, encino; reproducción vegetativa), esto ha sido reafirmado por otros autores en diferentes ecosistemas forestales de bosque de pino-encino sometidos a cortas y disturbios naturales (incendios) (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2012; Návar & González Elizondo, 2009).

El rodal intervenido con la corta de árboles Padre para *Pinus durangensis* tuvo densidades de hasta 18,750 Ind./ha, resultados por arriba de los obtenidos por Castelán-Lorenzo y Arteaga-Martínez (2009) quienes reportan densidades de 4.200 Ind./ha, establecidas a los cuatro años de la corta de árboles Padre en bosques de *Pinus patula*. Estos datos refieren que las cortas de árboles Padre, aseguran la regeneración del bosque y no ponen en riesgo su dinámica de crecimiento (Monárrez-González *et al.*, 2018). Por otra parte, Basáñez *et al.* (2008) y Pourmajidian *et al.* (2010) mencionan que al modificar la estructura arbórea se derivan cambios en la luminiscencia, propiedades edáficas, relaciones hídricas, etc., afectando la densidad de la regeneración, frecuencia y cobertura.

De acuerdo a los resultados, los índices de diversidad Shannon y Margalef muestran valores superiores en el rodal de Referencia, lo cual se debe al cambio en la abundancia proporcional de individuos por especie derivado de las cortas de regeneración Hernández *et al.* (2019), asimismo Hernández-López (2007) y García *et al.* (2019), señalan que por lo general, el objetivo de la aplicación de los tratamientos silvícolas es promover el establecimiento de las especies con mayor interés económico derivando a tener una regeneración natural uniforme. El índice de Margalef (D_{Mg}) tuvo un valor promedio de 0.785, inferior a los reportados por Graciano-Ávila *et al.* (2017), y similares a los determinados por Solís Moreno *et al.* (2016) y Alanís *et al.* (2008) para bosque templado, siendo considerados como de baja diversidad.

El índice de similitud de Sorensen indica que existe alta similitud de especies entre los rodales bajo cortas de regeneración y el rodal de Referencia. Con ello se define que los tratamientos no ponen en riesgo la dinámica de la regeneración del bosque (Monárrez-González *et al.*, 2018), cabe mencionar que dichas cortas no aseguran la permanencia de las especies de interés como *Pinus durangensis*.

Particularmente, la aplicación del método de árboles Padres modifica la diversidad en la regeneración (Hernández-Salas *et al.*, 2013; Leyva-López *et al.*, 2010), mientras que la ejecución reiterada de las prácticas de manejo forestal, alteran la abundancia proporcional de las especies, modificando los indicadores de diversidad (Hernández-Salas *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Los rodales aprovechados con las cortas de regeneración de árboles Padre y Selección en grupos, así como el rodal de Referencia presentan una dominancia del género *Pinus*, sin embargo, especies como *Quercus sideroxyla* y *Juniperus deppeana* representan una proporción significativa.

Con base a lo anterior, se puede señalar que los rodales aprovechados por cortas de Selección en grupos y árboles Padre no aseguran el establecimiento de la especie de interés, lo que implica establecer criterios de manejo forestal a corto plazo.

La diferenciación en la similitud entre árboles Padre y los otros rodales se ve marcada principalmente por la intensidad de corta, ya que se modifica en mayor medida la estructura y composición de la masa forestal incrementando los claros para el establecimiento de la regeneración natural.

El presente estudio permitirá establecer referencias para el manejo forestal, a partir de los parámetros ecológicos determinados.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Forest management in the XXI century. *Madera Bosques*, 21, 17–28. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Aguirre-Calderón, O. A., Corral-Rivas, J., Vargas-Larreta, B., & Jiménez-Pérez, J. (2008). Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 281–289. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61031312>
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1208–1214. <https://doi.org/10.7550/rmb.29708>

- Alanís, E., Jiménez-Pérez, J., Espinoza-Vizcarra, D., Jurado-Ybarra, E., Aguirre-Calderón, O. A., & González-Tagle, M. A. (2008). Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(2), 113-118. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000200006
- Alonso-Torrens, Y., Hernández Martínez, F., Barrero Medel, H., López Ibarra, G., Madanes, N., & Prieto-Méndez, J. (2016). Estructura y composición de la vegetación de pinares de Alturas de Pizarras en la Empresa Agroforestal Minas, Cuba. *Madera y Bosques*, 22, 75–86. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000300075
- Ares, A., Neill, A. R., & Puettmann, K. J. (2010). Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands. *Forest Ecology and Management*, 260(7), 1104–1113. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.023>
- Barik, S. K., Tripathi, R. S., Pandey, H. N., & Rao, P. (1996). Tree Regeneration in a Subtropical Humid Forest: Effect of Cultural Disturbance on Seed Production, Dispersal and Germination. *The Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1551. <https://doi.org/10.2307/2404793>
- Basáñez, A. J., Alanís, J. L., & Badillo, E. (2008). Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido “El Remolino”, Papantla, Veracruz. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 12(2), 3–22. <http://www.uco.mx/revista/portal/pdf/2008/mayo/1.pdf>
- Caballero, M. (2012). *Evaluación de regeneración natural de Clarisia racemosa Ruiz & Pavon en bosques intervenidos de la Comunidad Nativa Chamiriari - Satipo* [Universidad Nacional del Centro de Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2612>
- Castelán-Lorenzo, M., & Arteaga-Martínez, B. (2009). ESTABLECIMIENTO DE REGENERACIÓN DE Pinus patula Schl. et Cham., EN CORTAS BAJO EL MÉTODO DE ÁRBOLES PADRES. *Revista Chapingo : Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(1), 49–57. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n1/v15n1a6.pdf>
- García, S., Narváez Flores, R., Olivas García, J., & Hernández Salas, J. (2019). Artículo Diversidad y estructura vertical del bosque de pino – encino en Guadalupe y Calvo , Chihuahua Diversity and vertical structure of the pine-oak forest in Guadalupe y Calvo , Chihuahua Introducción En la Sierra Madre Occidental (SMO) se distribuy. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 41–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J. A., Ruacho-González, L., & López-Enríquez, I. L. (2012). Vegetación de la sierra madre occidental, México: Una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, 100(1), 351–404. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- 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>
- Hernández-Díaz, J.C., Corral-Rivas, J.J., Quiñones-Chávez, A., Bacon-Sobbe, J.R., & Vargas-Larreta, B. (2008). Regular and irregular forest management evaluation of the sierra madre occidental forests | Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Madera Bosques*, 14(3), 25–41.
- Hernández-López, I. (2007). *Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México*. 103.
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. 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.

Recibido:
8/noviembre/2019

Aceptado:
23/junio/2020

- <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hernández, F. J., Deras-Ávila, A. G., Deras-Ávila, N. I., & Colín, J. G. (2019). Influence of the seed tree method on the diversity of regeneration in a mixed forest in Durango, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(2), 219–234. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.09.066>
- 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 and diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera Bosques*, 23(1), 39–51. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systematics*, 3, 36–71.
- Monarrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. D. S. (2018). Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2), 1–16. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol. 1.* (CYTED (ed.); España). <http://entomologia.rediris.es/sea/manytas/metodos.pdf>
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal.* (E. País (ed.)). <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Návar, J., & González Elizondo, M. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71–87.
- Pourmajidian, M. R., Jalilvand, H., Fallah, A., Hosseini, S. A., Parsakhoo, A., Vosoughian, A., & Rahmani, A. (2010). Effect of shelterwood cutting method on forest regeneration and stand structure in a Hyrcanian forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 21(3), 265–272. <https://doi.org/10.1007/s11676-010-0070-7>
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3–21. <https://doi.org/10.1007/BF00489298>
- Shannon, E., & Warren, W. (1964). The mathematical theory of communication. In Univ. of Illinois Press Urbana (Ed.), *The mathematical theory of communication.* (pp. 29–125). https://monoskop.org/images/b/be/Shannon_Claude_E_Weaver_Warren_The_Mathematical_Theory_of_Communication_1963.pdf
- Shields, J. M., Webster, C. R., & Nagel, L. M. (2007). Factors influencing tree species diversity and *Betula alleghaniensis* establishment in silvicultural openings. *Forestry*, 80(3), 293–307. <https://doi.org/10.1093/forestry/epm013>
- Smith, D., Larson, B., Kelty, M., Ashton, P., & Bowersox, T. (1997). *The practice of silviculture: applied forest ecology.* (I. John Wiley & Sons (ed.); (Vol. 9).)
- Solís Moreno, R., Aguirre Calderón, Ó. A., Treviño Garza, E. J., Jiménez Pérez, J., Jurado Ybarra, E., & Corral-Rivas, J. (2016). 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>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2), 213–251.
- Zavala, F. (2004). Desección de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *CIENCIA Ergo-Sum*, 11(2), 177–185.
- Zúñiga Vásquez, J. M., Martínez López, E. A., Navarrete Gallardo, C., Graciano Luna, J. 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*, Número 73, 27–36. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/67454781004/index.html>