



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE UN BOSQUE EN UNA REGIÓN DEL SUROESTE DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF A FOREST IN A SOUTHWESTERN REGION OF THE STATE OF DURANGO, MEXICO

Díaz-Vásquez; M. A.; P.A. Domínguez-Calleros, N. Domínguez-Amaya, H.M. Loera-Gallegos, J.A. Soto-Cervantes

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE UN BOSQUE EN UNA REGIÓN DEL SUROESTE DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF A FOREST IN A SOUTHWESTERN REGION OF THE STATE OF DURANGO, MÉXICO



Análisis de la estructura de un bosque en una región del suroeste del estado de Durango, México**Analysis of the structure of a forest in a southwestern region of the state of Durango, México**

Díaz-Vásquez; M. A.;
P.A. Domínguez-Calleros,
N. Domínguez-Amaya,
H.M. Loera-Gallegos
y J.A. Soto-Cervantes

ANÁLISIS DE LA
ESTRUCTURA DE UN
BOSQUE EN UNA REGIÓN
DEL SUROESTE DEL
ESTADO DE DURANGO,
MÉXICO

ANALYSIS OF THE
STRUCTURE OF A FOREST
IN A SOUTHWESTERN
REGION OF THE STATE OF
DURANGO, MÉXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 91-105. Julio 2025

DOI:
10.18387/polibotanica.60.6

Manuel Antonio Díaz-Vásquez
Pedro Antonio Domínguez-Calleros / pedroantonio.dominguez@ujed.mx ✉
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Universidad Juárez del estado de Durango, Durango, México

Norberto Domínguez-Amaya
Silviculture and Forest Ecology of the Temperate Zones
University of Goettingen Germany

Héctor Manuel Loera-Gallegos
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Universidad Juárez del estado de Durango, Durango, México

Jesús Alejandro Soto-Cervantes
Tecnologico nacional de México, Instituto Tecnológico de El Salto
Durango México

RESUMEN: La conservación de la estructura de los bosques permite el cumplimiento de las funciones ecológicas y de producción, según sea el caso. En este sentido, se deben realizar evaluaciones periódicas con el propósito de conocer la respuesta de los bosques a perturbaciones naturales y/o antropogénicas. En el presente trabajo se calcularon los índices de Margalef, índice de Shannon, índice de diferenciación diamétrica, índice de diferenciación de altura e índice de dominancia referentes a la diversidad vegetal en un bosque localizado en la Sierra Madre Occidental en el suroeste del estado de Durango. El estudio se realizó con datos de dos inventarios registrados en 14 parcelas permanentes de investigación. En general, los valores de los índices calculados permanecen estables o son mayores en el segundo inventario; los bajos valores de importancia ecológica estimados indican que se trata de un bosque de pocas especies, sin embargo, se recomienda conservar la estructura del bosque promoviendo la permanencia de las especies de importancia ecológica en beneficio del eventual aprovechamiento de las especies comerciales.

Palabras clave: Estructura del bosque, indicadores ecológicos, bosques mixtos.

ABSTRACT: Conserving forest structure is essential for maintaining ecological and production functions. Periodic evaluations are necessary to understand the response of forests to natural and anthropogenic disturbances. In this study, we calculated the Margalef index, Shannon index, diameter differentiation index, height differentiation index, and dominance index for a forest in the Sierra Madre Occidental, located in the southwestern part of Durango. Data were obtained from two inventories conducted in 14 permanent research plots. Overall, the values of the calculated indices remained stable or increased in the second inventory. The low values of ecological importance indicate that the forest has few species. Nevertheless, it is recommended to conserve the forest structure by promoting the permanence of ecologically important species, as this will support the eventual use of commercial species.

Key words: Forest structure, ecological indicators, mixed forests.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen investigaciones recientes útiles para la mejorar el monitoreo de ecosistemas forestales (González, 2018). Sus principales propósitos son incidir en la planeación para optimizar a los ecosistemas en sus capacidades (Suárez *et al.*, 2022) y a la vez dar cumplimiento a la legislación correspondiente (SEMARNAT, 2018), así como generar información científica de vanguardia para fortalecer proyectos intercontinentales (Aguirre-Calderón, 2015). En México se han emprendido diversos esfuerzos con apoyo del gobierno (Corral-Rivas *et al.*, 2013) aunque las limitaciones en recursos han incidido en su seguimiento (Sosa-Rodríguez, 2015). El monitoreo es necesario para conocer los cambios que suceden en los componentes bióticos y abióticos del bosque como respuesta a las operaciones de manejo forestal, esto es posible a través de indicadores. Cuando no se cuenta con un sistema de monitoreo, se pierde la oportunidad de realizar posibles modificaciones al programa de manejo en curso, tampoco es posible demostrar y estar conscientes del nivel de impacto de las prácticas de manejo y realizar revisiones periódicas al programa de manejo (Solís Moreno *et al.*, 2006). Los indicadores a seleccionar dependen de los niveles y escalas del análisis del ecosistema a monitorear, y de la definición misma del desarrollo sostenible (Corral-Rivas *et al.*, 2013; Díaz Vásquez *et al.*, 2018). En este sentido es importante contar con sitios de monitoreo permanente que ofrezcan la posibilidad de censar y remedir en varias ocasiones la masa forestal (Condit *et al.*, 2014). Gracias a esto es posible prevenir los procesos de deforestación, degradación de suelos y de biodiversidad; obteniendo, además, beneficios económicos que mejoren los niveles de vida de los pobladores de las comunidades forestales (Mongabay, 2020).

Dado el limitado conocimiento sobre las especies indicadoras y su estructura, Lindenmayer *et al.* (2000), proponen cuatro estrategias para incrementar la conservación de la biodiversidad de los bosques, las cuales intentan proveer información reciente a los encargados del manejo forestal y mejorar la efectividad de las actuales estrategias de manejo: (1) establecer áreas de prioridad para la biodiversidad; (2) dentro de bosques productivos, aplicar indicadores basados en estructura incluyendo la complejidad, la conectividad y la heterogeneidad; (3) dispersar el riesgo en bosques de producción maderera, utilizando estrategias múltiples de conservación; y (4) adoptar una estrategia de manejo para probar la validez de los índices de diversidad biológica basados en la estructura, al tratar a las prácticas de manejo como experimentos.

Para entender el funcionamiento de los ecosistemas es importante la caracterización estructural, lo cual puede aportar elementos de decisión para contribuir al manejo adecuado de los bosques (Aguirre *et al.*, 2003; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008). Existen algunos de los trabajos que relacionan la complejidad estructural y la diversidad arbórea, con la productividad de los ecosistemas forestales templados, estos se basan en índices estructurales y variables dasométricas (Aguirre *et al.*, 2003). En México se han realizado diversos estudios sobre la diversidad de especies arbóreas en clima templado (Návar-Cháidez & González-Elizondo, 2009; Leyva-López *et al.*, 2010; Díaz Vásquez *et al.*, 2018). Uno de los indicadores más utilizados para evaluar la diversidad de especies, es el Índice de Shannon (1948), el cual aumenta con el número de especies y toma mayores valores cuando las proporciones de las distintas especies son similares. Otro indicador es el de Margalef, el cual evalúa la riqueza de especies y se basa en el número de especies presentes y el número total de individuos.

El ejido “El Brillante” Municipio de Pueblo Nuevo, Durango es uno de los más prósperos y representativos del suroeste del Estado de Durango, donde la actividad de mayor importancia es la maderable en sus distintas etapas de aprovechamiento y transformación forestal (Figueroa-González *et al.*, 2013). Destaca también por la diversidad de especies vegetales correspondiente a bosque de coníferas, mezclado algunas veces con latifoliadas, las cuales son de gran importancia económica y ecológica, principalmente las del género *Pinus* y *Quercus*, dada su gran abundancia y su buena calidad de madera a (Cruz-Cobos *et al.*, 2008; Pompa-García *et al.*, 2013; Díaz-Vásquez *et al.*, 2018). Tradicionalmente el aprovechamiento forestal se ha realizado mediante la aplicación de tratamientos silvícolas bajo un plan de manejo derivado de los

métodos de desarrollo silvícola (MDS) y de ordenación de bosques irregulares (MOBI). La presente investigación tiene como principal objetivo describir la estructura del bosque en función de indicadores estructurales para los ecosistemas forestales del ejido. Partiendo de la hipótesis que los bosques intervenidos a través del tiempo tienen efectos positivos en cuanto a sus componentes estructurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en los ecosistemas forestales del ejido el Brillante, el cual se ubica en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, en la Sierra Madre Occidental (Figura 1), entre las coordenadas $23^{\circ} 40' 04''$ y $23^{\circ} 47' 54''$ de latitud norte y $105^{\circ} 21' 31''$ y $105^{\circ} 29' 52''$ de longitud Oeste (Figuroa-González *et al.*, 2013). La altitud oscila entre 2,200 y 2,800 msnm.

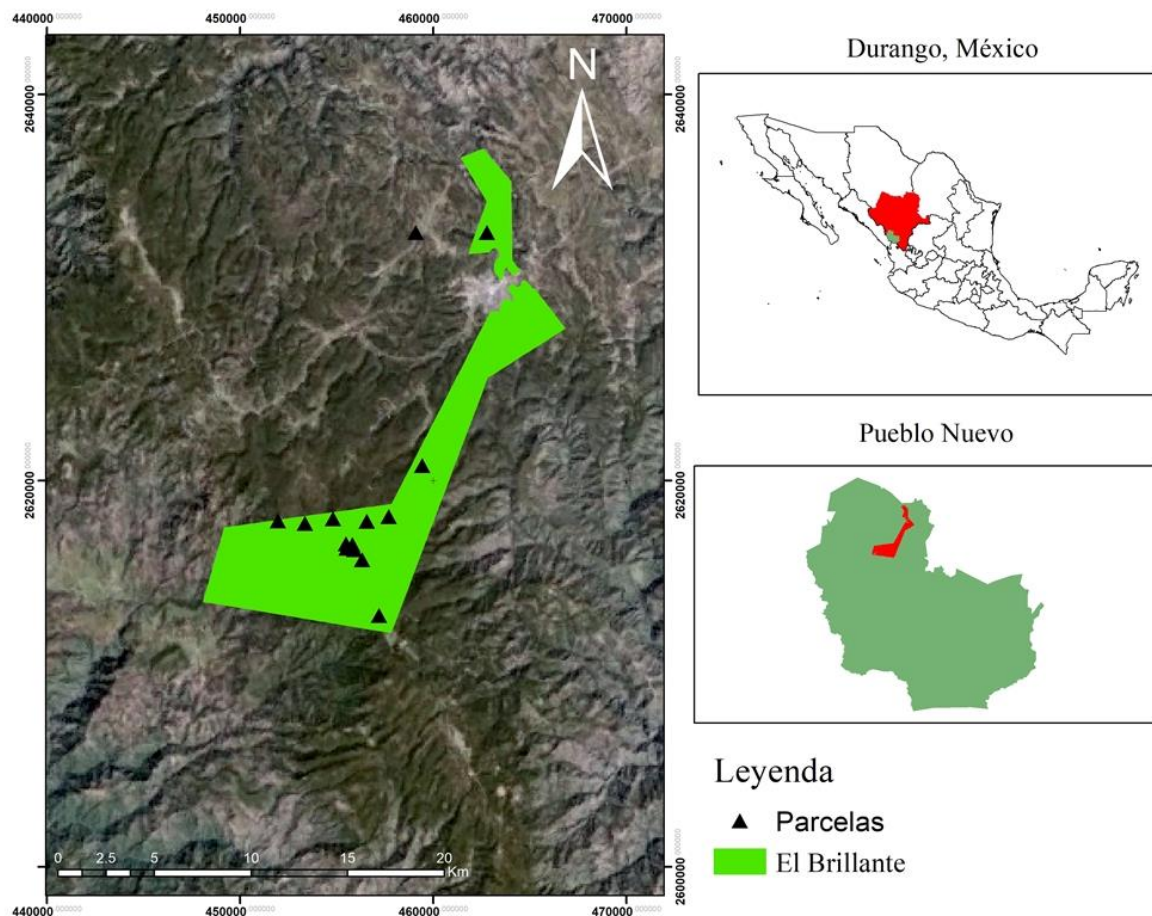


Figura 1. Ubicación de las parcelas de muestreo permanente en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango.
Figure 1. Location of the permanent research plots in the Ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango.

En el área se reconocen 2 tipos de clima, el primero es C (E)(m); correspondiendo a semifrío húmedo con lluvias en verano y es C (w), lo que significa templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2015). Las temperaturas oscilan entre 10 y 18°C; la precipitación registrada promedio entre 700 y 1300 mm (Figuroa-González *et al.*, 2013). El ejido abarca una superficie

total de 9,516 ha, donde predominan los suelos de tipos Luvisol y Regosol (INEGI, 2015). La vegetación la componen bosques mezclados, cuyas especies predominantes son: *Pinus cooperi* C. E. Blanco, *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl y *Pinus durangensis* Martínez. En menor escala, en sitios más húmedos se encuentran individuos aislados del género *Cupressus* (Díaz-Vásquez *et al.*, 2018).

Obtención de datos

Se utilizó información proveniente de 14 parcelas permanentes de investigación silvícola, instaladas estratégicamente en el año 2007 dentro de la superficie forestal del ejido, bajo un muestreo dirigido. Cabe mencionar que en todas las parcelas se han aplicado tratamientos silvícolas bajo el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MOBI), además previamente se han realizado trabajos de investigación similares al que aquí se presenta. En este caso se pretende realizar un estudio complementario que proporcione más información sobre la estructura de los ecosistemas forestales. Se tomaron datos de dos inventarios, el primero en 2009 y el segundo durante el año 2014. Las parcelas se establecieron siguiendo el procedimiento propuesto por Corral-Rivas *et al.* (2013). Cada parcela consta de una superficie de 2,500 m² (50x50 m) divididas en cuatro cuadrantes numerados en el orden del sentido de las manecillas del reloj. Una vez definidos los cuadrantes, se obtuvieron para todos los árboles con un diámetro normal \geq a 7.5 cm (árboles inventariables) las siguientes variables: especie, diámetro normal (cm), altura total (m), su clase social Según (Kraft, 1984) referente a la dominancia en función de la altura de un árbol con respecto a los árboles vecinos, la ubicación espacial mediante el uso de coordenadas geográfica (X, Y) y distancia desde el centro de la parcela. A partir de los datos anteriores se obtuvo para cada parcela los siguientes datos: número de árboles ha⁻¹, altura, diámetro medio (cm), y área basal (m²), requeridos para calcular los indicadores estructurales (Assmann, 2013).

Obtención de los indicadores estructurales

Gran parte de este trabajo se basa en la metodología utilizada por (Corral-Rivas *et al.*, 2005) para evaluar la diversidad estructural de una masa forestal; algunos de los componentes considerados, se describen a través de índices utilizados para la caracterización de la estructura de un rodal o unidad de manejo, y se estiman tomando en cuenta la información del total de árboles, mientras que otros se obtienen mediante un método de muestreo conocido como grupo estructural de los cinco árboles (Gadow *et al.*, 2007; Corral-Rivas *et al.*, 2013). La metodología de cálculo se describe a continuación.

1. Número de árboles por parcela

Se tomaron en cuenta el número de árboles existentes en cada parcela y se relacionó con los tratamientos silvícolas aplicados en cada una.

2. Diversidad de especies

- a) Número de especies por parcela. Se determinaron todas las especies arbóreas existentes y se clasificaron en función de cada parcela.
- b) Índice de Margalef. Utilizado para determinar la riqueza de especies (Ecuación 4) en cada parcela de investigación.

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)} * 100 \quad (1)$$

Donde: S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos y \ln es el logaritmo natural.

- c) Índice de Shannon. Usado para definir la diversidad de especies, se estimó a partir de la siguiente expresión:

$$H_i' = - \sum p_i \ln p_i \quad (2)$$

Donde: p_i es la abundancia proporcional de la i -ésima especie y \ln es el logaritmo natural.

3. Diferenciación dimensional. Otra de las principales características que definen la estructura arbórea de un ecosistema forestal, es la variación existente entre los tamaños de los árboles que lo constituyen. Para evaluar este componente estructural se estimaron los siguientes parámetros:
- a) Índices de diferenciación diamétrica (TD_i) y de altura (TH_i) de acuerdo con Corral-Rivas *et al.* (20013), con los cuales se obtienen índices de relaciones de vecindad entre los árboles de las parcelas (Ecuaciones 3 y 4).

b)

$$TD_i = \frac{\text{desviación estándar del diámetro}}{\text{diámetro medio}} \quad (3)$$

$$TH_i = \frac{\text{desviación estándar de la altura}}{\text{altura media}} \quad (4)$$

Para hacer compatibles estas variables con el resto de los índices estructurales, en este trabajo se definieron cinco grupos de diferenciación dimensional de acuerdo al trabajo de (Hui & Gadow, 2002), a partir del cual la diferenciación puede ser: i) Escasa $Ti = 0.00$: $CV = 0.05$; ii) Moderada $Ti = 0.25$: $0.05 < CV < 0.15$; iii) Media $Ti = 0.50$: $0.15 \leq CV < 0.30$; iv) Alta $Ti = 0.75$: $0.30 \leq CV < 0.60$; o v) Muy alta $Ti=1$: $CV \geq 0.60$.

- c) Índice de dominancia. La dominancia de un árbol de referencia i (U_i) se define como la proporción de los cuatro vecinos que son más grandes que dicho árbol (Hui & Gadow, 2002) y se estiman mediante un método de muestreo conocido como grupo estructural de los cinco árboles (Gadow *et al.*, 2007; Corral-Rivas *et al.*, 2013).

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j \quad (5)$$

Al igual que en la mayoría de los índices, los de U_i van de 0 a 1, y se definen de la siguiente manera: $U_i = 0.00$ si los cuatro vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (suprimido); $U_i = 0.25$ si tres de los vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (intermedio); $U_i = 0.50$ si dos de los vecinos son más grandes que el árbol de referencia i (codominante); $U_i = 0.75$ si uno de los cuatro vecinos es más grande que el árbol de referencia i (dominante) y $U_i = 1$ si ninguno de los cuatro vecinos es más grande que el árbol de referencia i (muy dominante).

Comparación de los resultados de las dos mediciones

Una vez obtenidos los valores de los indicadores para las dos mediciones, se realizó una comparación de los mismos para detectar los cambios ocurridos durante el periodo transcurrido entre las remediciones; para lo cual se calcularon los valores máximos, mínimos, promedios y desviaciones estándar utilizando el paquete de Microsoft Excel ® para su procesamiento y análisis. El análisis comparativo se realizó en función de los resultados obtenidos en las 14 parcelas de investigación, esto se logró a través de una prueba de F con un nivel de significancia ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los tratamientos que fueron aplicados y el número de árboles observados en las parcelas en los dos inventarios realizados. Respecto al número de árboles registrados en el segundo inventario, se destacan las parcelas 9 y 10, las cuales mostraron los mayores valores a pesar que la intervención silvícola fue diferente MOBI y MDS, respectivamente. En las parcelas donde no se aplicó ninguna intervención, el número de árboles permaneció prácticamente estable, excepto en la parcela 13 donde se registró un leve incremento. El número de árboles entre los dos inventarios y las condiciones ecológicas de las parcelas fueron quizá la base que se tomó en cuenta para la utilización del MOBI en todas las parcelas a partir del segundo inventario.

Tabla 1. Tratamientos silvícolas aplicados y número de árboles por parcela, estimados el ejido el Brillante.**Table 1.** Silvicultural treatments applied and number of trees per plot estimated in the Ejido El Brillante.

| Parcela | Tratamiento aplicado | | Número de árboles | | |
|---------|----------------------|------|-------------------|-------------|------------|
| | 2009 | 2014 | 2009 | 2014 | Diferencia |
| 1 | A | A | 91 | 101 | 10 |
| 2 | A | A | 159 | 169 | 10 |
| 3 | B | A | 174 | 179 | 5 |
| 4 | A | A | 197 | 205 | 8 |
| 5 | B | A | 107 | 117 | 10 |
| 6 | A | A | 188 | 214 | 26 |
| 7 | B | A | 245 | 269 | 24 |
| 8 | C | A | 184 | 190 | 6 |
| 9 | A | A | 84 | 157 | 73 |
| 10 | B | A | 149 | 218 | 69 |
| 11 | C | A | 139 | 139 | 0 |
| 12 | C | A | 174 | 187 | 13 |
| 13 | C | A | 165 | 168 | 3 |
| 14 | B | A | 249 | 294 | 45 |
| Total | | | 2305 | 2607 | 302 |

A=Método de ordenación de bosques irregulares; B=Método de Desarrollo Silvícola; C= sin tratamiento

En la tabla 2 se muestran las especies registradas en las parcelas en los dos inventarios. En total se observaron 25 especies de árboles pertenecientes a 10 géneros. Las especies más abundantes fueron *Quercus sideroxyla.*, *Pinus cooperi* y *Juniperus deppeana*, ya que se registraron en 12 parcelas, sobresaliendo la 2, 1 y 11 con el mayor número de especies, mientras que las parcelas 7, 10 y 14 registraron el menor número de especies. La inclusión de especies en las parcelas, obedece quizá a que los árboles alcanzaron mayores dimensiones que permitieron ser tomados en cuenta en el segundo inventario.

Tabla 2. Especies presentes en cada parcela en el ejido el Brillante, P.N., Durango.**Table 2.** Presence of species in each plot in the Ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango.

| Especies | Parcelas | | | | | | | | | | | | | | 2009 | 2014 |
|--------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | |
| <i>Abies durangensis</i> Martínez | | = | | | | | | = | | | = | = | = | | 5 | 5 |
| <i>Alnus jorullensis</i> Kunth | | = | = | | | | | | + | | | | | | 2 | 3 |
| <i>Arbutus arizonica</i> A.Gray | | = | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Arbutus bicolor</i> S. González | | = | = | = | = | + | | = | | | | | | | 5 | 6 |
| <i>Arbutus madrensis</i> S. González | | | | | = | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Arbutus tessellata</i> Sorensen | | = | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth | | = | = | | | | | | | | | | | | 2 | 2 |
| <i>Cupressus lusitánica</i> Mill | | | | | | | | = | | | = | = | = | | 4 | 4 |
| <i>Juniperus deppeana</i> Steud | | = | = | = | = | = | = | = | = | = | | | = | = | 12 | 12 |
| <i>Picea chihuahuana</i> Martínez | | | | | | | | = | | | = | = | = | | 4 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| <i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco | = | = | = | = | = | = | = | = | = | = | = | = | = | = | 12 | 12 |
| <i>Pinus durangensis</i> Martínez | | = | = | = | = | = | | = | = | = | | = | | = | 9 | 9 |
| <i>Pinus engelmannii</i> Carr | = | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schldtl. & Cham | = | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Pinus strobiformis</i> Engelman | | = | = | = | = | = | = | | = | = | = | = | = | | 11 | 11 |
| <i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schldtl. & Cham | = | = | = | = | = | | | = | | | | | | = | 7 | 7 |
| <i>Prunus serótina</i> Bark | | | | | | | | | | | | = | = | | 3 | 3 |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> Mirb. Franco | + | | | | | | | = | | | = | = | = | = | 5 | 6 |
| <i>Quercus candicans</i> Née | | | | | | | | | | | | = | = | | 1 | 1 |
| <i>Quercus crassifolia</i> Bonpl. | | | | | | | | | | | | = | | | 1 | 1 |
| <i>Quercus eduardii</i> Trelease | = | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Quercus laeta</i> Liemb | = | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Quercus obtusata</i> Bonp | | = | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| <i>Quercus rugosa</i> Née | | | | | = | | | | + | | = | | | | 2 | 3 |
| <i>Quercus sideroxyla</i> Bonp | = | = | = | = | = | = | = | = | = | | = | = | = | | 12 | 12 |
| Número de especies 2009 | 10 | 11 | 9 | 8 | 8 | 5 | 4 | 9 | 6 | 4 | 8 | 10 | 9 | 4 | 25 | 25 |
| Número de especies 2014 | 10 | 12 | 9 | 8 | 8 | 6 | 4 | 9 | 8 | 4 | 8 | 10 | 9 | 4 | 25 | 25 |

(=) permanece sin cambio; (+) especie agregada

A simple vista se puede observar que los valores del índice de Margalef en las parcelas 2 y 9 mostraron un incremento de un inventario a otro (Figura 2). Sin embargo, los valores obtenidos con la prueba de F indican que estadísticamente estos cambios no son diferentes. Como puede observarse en esta figura, las parcelas con los valores más altos para este índice (Mg) fueron la 2, 1 y 12, lo cual indica una mayor riqueza de especies. Mientras que los valores más bajos corresponden a las parcelas 7, 14 y 10. El resto de las parcelas son consideradas con una diversidad y una riqueza intermedia de especies.

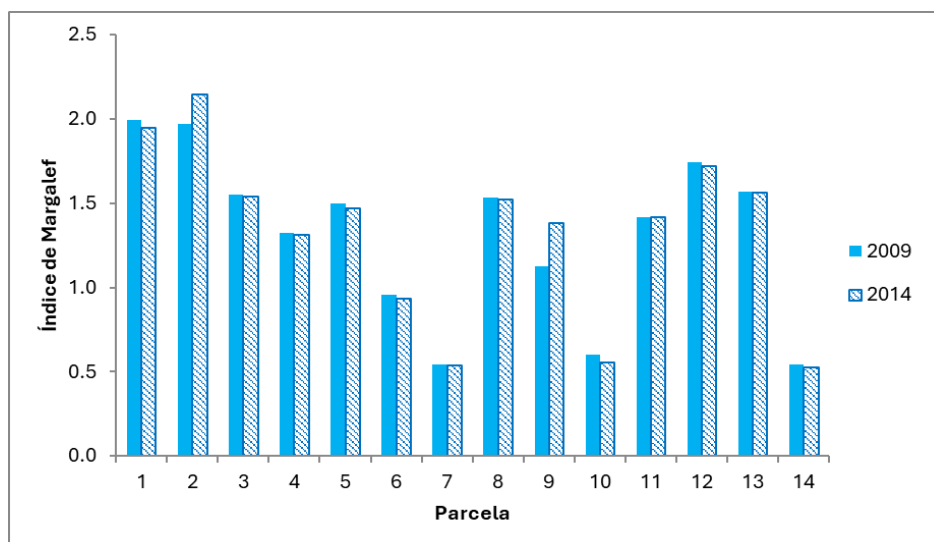


Figura 2. Índice de Margalef, estimado en el ejido el Brillante, registrado en dos inventarios (2009 y 2014).

Figure 2. Margalef index estimated in the Ejido El Brillante, recorded in two inventories (2009 and 2014).

Los resultados del índice de Shannon (Figura 3) indican que las parcelas con mayor diversidad de especies son la 13, 1 y 2, y las de menor diversidad la 7, 14 y 10. En las parcelas 2, 3, 5, 6 y 7 se registró un incremento en el valor de este índice, en el resto de las parcelas se observa que el índice de Shannon se mantuvo estable o presentó una ligera disminución durante el periodo evaluado. siendo esta disminución, no significativa estadísticamente.

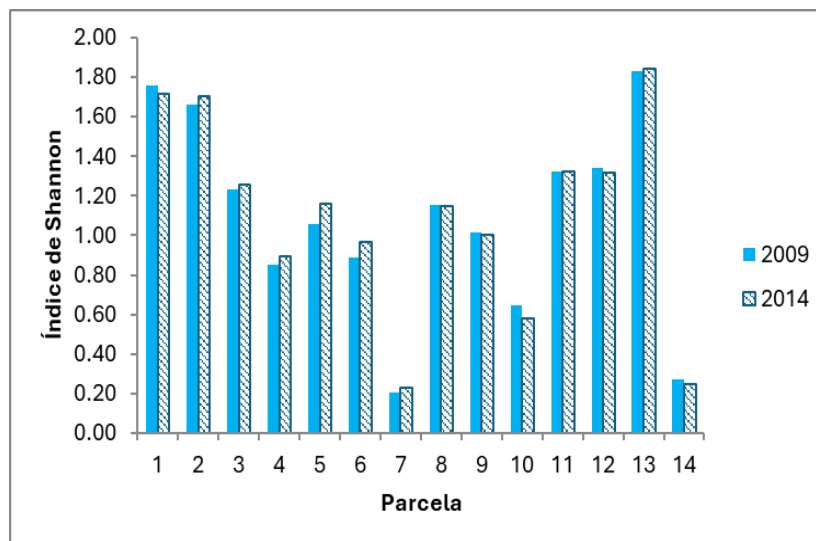


Figura 3. Índice de Shannon, estimado en el bosque del ejido el Brillante, registrado en dos inventarios (2009 y 2014).
Figure 3. Shannon index estimated in the Ejido El Brillante, recorded in two inventories (2009 and 2014).

Los parámetros (TD, TH y U_i) de la tabla 3 corresponden a los cambios en la diferenciación dimensional vertical y horizontal de las parcelas. Como puede notarse los promedios del diámetro y altura es el mismo. Sin embargo, estos valores al ser analizados a través de una prueba de F con un nivel de significancia ($\alpha=0.05$), mostraron no ser diferentes estadísticamente. Lo anterior indica que la intervención silvícola no afectó las dimensiones de los árboles de un inventario a otro. Por otra parte, de acuerdo con los valores obtenidos para la dominancia (U_i) existe poca variación entre las parcelas. Lo que indica que, por lo general, dos de los vecinos son más grandes que el árbol de referencia i y en este caso los árboles “codominantes” son los que más abundan en el bosque del ejido el Brillante. Al analizar los cambios de U_i en los dos inventarios, según los valores de F los valores no son significativos.

Tabla 3. Índices de diferenciación diamétrica, de altura, e índice de dominancia en el ejido el Brillante.
Table 3. Indices of diametric differentiation, height differentiation, and dominance in the Ejido El Brillante

| Parcela | TDi (2009) | TDi (2014) | THi (2009) | THi (2014) | Ui1 (2009) | Ui2(2014) |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 1 | 0.62 | 0.65 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | 0.54 |
| 2 | 0.71 | 0.71 | 0.64 | 0.66 | 0.50 | 0.51 |
| 3 | 0.69 | 0.69 | 0.54 | 0.60 | 0.51 | 0.54 |
| 4 | 0.67 | 0.66 | 0.62 | 0.61 | 0.52 | 0.51 |
| 5 | 0.79 | 0.78 | 0.76 | 0.76 | 0.45 | 0.53 |
| 6 | 0.68 | 0.70 | 0.62 | 0.61 | 0.54 | 0.53 |
| 7 | 0.55 | 0.57 | 0.48 | 0.45 | 0.51 | 0.52 |
| 8 | 0.83 | 0.82 | 0.75 | 0.72 | 0.50 | 0.51 |
| 9 | 0.78 | 0.68 | 0.71 | 0.67 | 0.51 | 0.50 |

| | | | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| 10 | 0.54 | 0.55 | 0.39 | 0.39 | 0.49 | 0.50 |
| 11 | 0.85 | 0.84 | 0.69 | 0.74 | 0.51 | 0.51 |
| 12 | 0.90 | 0.89 | 0.78 | 0.76 | 0.51 | 0.53 |
| 13 | 0.80 | 0.80 | 0.77 | 0.79 | 0.51 | 0.53 |
| 14 | 0.49 | 0.52 | 0.34 | 0.33 | 0.48 | 0.51 |
| Promedio | 0.71 | 0.71 | 0.62 | 0.62 | 0.50 | 0.52 |
| F | 0.69433106 | | 0.94401274 | | 0.11605916 | |

TDi =Índice de diferenciación diamétrica, THi =Índice de diferenciación de altura, Ui =Índice de dominancia.

Comparación de los resultados de las dos remediciones

Los indicadores estructurales que se encuentran en la tabla 4 mostraron, en términos generales, ligeros cambios en sus promedios. La dominancia (Ui) calculada para los dos inventarios reflejó el mayor valor. Los otros indicadores tuvieron cambios ligeros, algunos de ellos con valores positivos (incremento) y otros negativos (caída).

Al hacer la comparación mediante una prueba de F con un nivel de significancia ($\alpha=0.05$) y tomando en cuenta los valores promedio de cada indicador, se concluye que los cambios ocurridos no son estadísticamente significativos. Lo que indica que los tratamientos silvícolas aplicados no tuvieron mucha influencia en la composición y estructura del bosque.

Tabla 4. Tasa de cambio de los indicadores ecológicos en el ejido el Brillante.
Table 4. Ecological indicators for inventory 1 and 2 (2009 and 2014 respectively).

| Año | Parámetro | Dmg | Hi | TDi | THi | Ui |
|--------------------|-----------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 2009 | Máximo | 1.995 | 1.834 | 0.903 | 0.78 | 0.537 |
| | Mínimo | 0.544 | 0.202 | 0.488 | 0.34 | 0.453 |
| | Media | 1.313 | 1.088 | 0.707 | 0.62 | 0.504 |
| | STD | 0.493 | 0.499 | 0.126 | 0.14 | 0.021 |
| 2014 | Máximo | 2.144 | 1.843 | 0.888 | 0.789 | 0.544 |
| | Mínimo | 0.528 | 0.230 | 0.524 | 0.330 | 0.502 |
| | Media | 1.327 | 1.099 | 0.705 | 0.615 | 0.520 |
| | STD | 0.511 | 0.500 | 0.112 | 0.145 | 0.013 |
| Tasa de cambio (%) | | 1.12 | 1.02 | -0.23 | -0.46 | 3.13 |
| F | | 0.88970631 | 0.9921273 | 0.99586297 | 0.99066367 | 0.92776529 |

Dmg=Índice de Margalef, Hi= Índice de Shannon, TDi=Índice de diferenciación diamétrica, THi=Índice de diferenciación de altura, Ui=Índice de dominancia.

DISCUSIÓN

Uno de los cambios más significativos al analizar los datos de los dos inventarios, se tuvo con respecto a las especies, los cuales muestran un ligero incremento en la diversidad, resultados que son semejantes a lo observado por Solís-Moreno *et al.*, (2006) quienes reportan un cambio favorable en este aspecto para bosques de pino-encino en la Sierra de la Candela, Tepehuanes, Durango. Por otra parte, resulta opuesto a lo que observaron Corral-Rivas *et al.* (2005) en un estudio realizado en un bosque mesófilo de montaña en Tamaulipas, donde indican que los aprovechamientos disminuyeron la diversidad de especies y esto se puede atribuir al aprovechamiento forestal tal como lo señalan (Návar-Cháidez & González-Elizondo, 2009;

(Hernández-Salas *et al.*, 2013), quienes también argumentan que el aprovechamiento forestal modifica la diversidad y composición del estrato arbóreo.

Los resultados muestran que las especies con más presencia en las 14 parcelas fueron *P. durangensis*, *P. strobiformis*, *P. cooperi*, *Juniperus deppeana* y *Quercus sideroxylla*; de estas especies, solo *P.s durangensis* coincide con lo reportado por Silva *et al.* (2021), quienes encontraron que las especies dominantes en una comunidad vegetal de un bosque templado del estado de Durango fueron *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* y *Q. crassifolia*. Los resultados de este estudio son consistentes con los reportados por otros autores, quienes han señalado que *P. cooperi* es la más abundante en la mayoría de los bosques templados de coníferas del estado de Durango (Valenzuela-Nuñez & Granados-Sánchez, 2009; Domínguez-Calleros *et al.*, 2014; (Graciano-Ávila *et al.*, 2017b; Díaz-Vásquez *et al.*, 2018). Así mismo, López-Serrano *et al.* (2022), señalan que el género *Pinus* presenta la mayor riqueza de especies y una de ellas es *P. cooperi* que presentó los valores más altos de densidad (32.15%) y dominancia (37.77%), en la vegetación arbórea en el Parque El Tecuán, Durango, México.

Referente al índice de Margalef que se obtuvo un valor ($Dmg=1.32$), este valor es inferior al registrado por Graciano-Ávila *et al.* (2017a), quienes registraron un valor de ($Dmg=1.53$); sin embargo, es superior al reportado por Hernández-Salas *et al.* (2013), ($Dmg=1.04$) lo que indica que el área de estudio presenta una diversidad de especies promedio, si se compara con áreas de la misma región, pero resulta bajo si se compara con otros ecosistemas (Juárez-Agis *et al.*, 2016; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020; Canizales-Velázquez *et al.*, 2021). Silva *et al.* (2021) reportan un índice de Margalef de 3.78 en un bosque templado del municipio de Pueblo Nuevo, Durango, así mismo estos autores reportan una riqueza específica de 29 especies y señalan que la mayor dominancia se observa entre las familias *Pinaceae* y *Fagaceae* y definen el área como de alta diversidad arbórea.

Respecto al índice de Shannon el valor obtenido fue de 1.09, lo que representa una diversidad baja según la clasificación que presenta Margalef (1972), quien especifica que los valores menores de 2 corresponden a una diversidad baja, de 2 a 3.5 diversidad media, y mayores de 3.5 a 5 como diversidad alta. Sin embargo, el valor resultante en este estudio se considera dentro de los valores promedio de la región, ya que es similar al registrado por Graciano-Ávila *et al.* (2017a) con un valor de 1.74 en los bosques templados del estado de Durango. Así mismo es similar al reportado por López-Serrano *et al.* (2022), con un valor de 1.89 en la vegetación arbórea del Parque El Tecuán, Durango, México.

Méndez Osorio *et al.* (2018), presentan un valor con un índice de 0.78 para un bosque del mismo tipo en la Sierra Madre del Sur, así mismo, Morales-Nieto *et al.* (2022), presenta aún un valor de índice Shannon = 0.37 en poblaciones de *P. arizonica* y *P. durangensis* de la sierra de Chihuahua. Otro caso diferente con diversidad media lo muestra García-García *et al.* (2019), con un valor de 2.77 para un bosque de pino-encino de Guadalupe y Calvo Chihuahua.

Rubio-Camacho *et al.* (2017), en una investigación realizada al sureste del municipio de Iturbide, Nuevo León, reportan un índice de diferenciación diamétrica (TDi) que va de moderada a clara, similar a la obtenida en este trabajo reportada como media a alta, con valores que van de 0.49 a 0.90. Respecto al índice de diferenciación en altura (THi) presentan resultados similares a lo encontrado en la diferenciación diamétrica, con una fuerte inclinación por la categoría moderada, distinto a lo que se tiene en el presente estudio con valores que fluctúan entre 0.33 y 0.79, lo cual representa una variación en altura entre moderada, media y alta.

En relación al índice de dominancia (*Ui*) existe poca variación con valores cercanos a 0.50 lo que muestra en este caso que los árboles “codominantes” son más abundantes en los bosques del ejido El Brillante, lo que resulta muy parecido a lo observado por Gadow *et al.* (2007),

Graciano-Ávila *et al.* (2020) y Silva-González *et al.* (2022), quienes encontraron en un bosque del municipio de Pueblo Nuevo, Durango, valores de índice de dominancia cercanos a 0.5, argumentando que la vegetación es heterogénea y que estos valores son característicos de bosques manejados mediante métodos de selección, así mismo, Solís-Moreno *et al.* (2006), registran valores de índice de dominancia = 0.44 en una parcela intervenida mediante el método de selección.

CONCLUSIONES

La estructura de los rodales puede definirse en función de los indicadores estructurales, cuyos resultados muestran algunos cambios en el periodo evaluado, sin embargo, no son estadísticamente significativos.

Al analizar el número de árboles, es notorio un incremento de un inventario a otro, donde destacan la parcela 9 tratada con el MOBI, la 10 y 14 tratadas con el MDS, lo que pone en evidencia una respuesta positiva a los tratamientos silvícolas aplicados.

Se encontró que las especies de mayor abundancia en el ejido son *Pinus cooperi*, *Quercus sideroxylla*, *Pinus durangensis*, *Juniperus deppeana* y *Pinus strobiformis*, y son a las que se les debe dar un manejo forestal más apropiado con fines de aprovechamiento.

Se observó que existen especies como *Quercus obtusata* Humboldt & Bonpland, *Pinus engelmannii* Carr y *Arbutus arizonica* con menor presencia, sin embargo, estas especies son de menor interés desde el punto de vista comercial.

El número de especies permaneció casi invariable durante el tiempo de cinco años que implicó la evaluación en todas las parcelas, excepto en tres de ellas, en las cuales hubo un ligero aumento.

De acuerdo al índice de Shannon, se aprecia que es variable entre parcelas mostrando un rango de diversidad de especies que va de baja a mediana diversidad. Se observa además que este índice presenta ligeros cambios en todas las parcelas estudiadas.

Los indicadores ecológicos propuestos en este trabajo nos dan una idea clara de la diversidad de especies que se encuentran dentro del ejido y determina cuales son las más importantes, y representan una base fundamental para el manejo forestal, tomando en cuenta la protección y conservación de las especies forestales.

Se recomienda conservar la estructura del bosque promoviendo la permanencia de las especies de importancia económica y ecológica en beneficio del eventual aprovechamiento de las especies comerciales.

Puede observarse también que se tienen sitios representativos para la variedad estructural de los bosques del ejido y se espera que la estimación de los indicadores en nuevos inventarios, proporcione más bases científicas para la conservación de la diversidad de especies forestales y un manejo sustentable en los bosques del ejido El Brillante.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, O., Hui, G., Gadow, K. v., & Jiménez, J. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*, 183(1-3), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00102-6)
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17-28.

- Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Canizales-Velázquez, P. A., Mora-Olivo, A., Pequeño-Ledezma, M. Á., & Buendía Rodríguez, E. (2020). Estructura y diversidad de un bosque de galería en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(58), 134-153. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.591>
- Assmann, E. (2013). *The principles of forest yield study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands*. University of Munich: Pergamon Press.
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., García-García, S. A., Holguín-Estrada, V. A., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad arbórea de un bosque de galería urbano en el río Camachito, Noreste de México. *Polibotánica*, 51, 91-105. <https://doi.org/10.18387/polibotánica.51.6>
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 14(2), 51-63.
- Condit, R., Lao, S., Singh, A., Esufali, S., & Dolins, S. (2014). Data and database standards for permanent forest plots in a global network. *Forest Ecology and Management*, 316, 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.011>
- Corral-Rivas, J. J., Aguirre Calderón, O. A., Jiménez Pérez, J., & Corral Rivas, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Investigaciones Agrarias, Sistemas y Recursos Forestales*, 14(2), 217-228.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas-Larreta, B., Wehenkel, C., Aguirre-Calderón, O. A., & Crecente-Campo, F. (2013). *Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales*. México: FONDO SECTORIAL PARA LA INVESTIGACIÓN, EL DESARROLLO Y LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA FORESTAL (CONACYT-CONAFOR).
- Cruz-Cobos, F., De los Santos-Posadas, H. M., & Valdez-Lazalde, J. R. (2008). Sistema compatible de ahumamiento-volumen para *Pinus cooperi* Blanco en Durango, México. *Agrociencia*, 42(4), 473-485.
- Díaz-Vásquez, M. A., Bretado-Velázquez, J. L., Torres-Herrera, S. I., & Dominguez-Calleros, P. A. (2018). Indicadores Ecológicos en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo Durango. *Foresta Veracruzana*, 20(2), 1-7.
- Díaz-Vásquez, M. A., Rodríguez-Ortiz, G., & López, C. L. (2018). Estimación del índice de sitio para *Pinus cooperi* en el ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(1), 34-42.
- Domínguez-Calleros, P. A., Chávez-Flores, G. A., Rodríguez-Téllez, E., Corral-Rivas, J. J., Goche Telles, J. R., & Díaz-Vásquez, M. A. (2014). Caracterización silvícola de *Pseudotsuga menziesii* en la reserva de la biosfera "La Michilía". *Madera y Bosques*, 20(2), 23-31.
- Figueroa-González, E. G., Arrieta Díaz, D., Moreno Loera, H., González Herrera, M. B., & Monsivais Bretado, M. G. (2013). La Percepción Del Clima Organizacional En El Personal De Producción De Un Ejido Forestal En México. *Revista Global de Negocios*, 1(2), 81-89. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=2327258>
- Gadow, K. v., Sánchez Orois, S., & Álvarez González, J. G. (2007). *Estructura y Crecimiento del Bosque* (Vol. 12). Göttingen, Alemania: IUFRO World Series.
- García-García, S. A., Narváez Flores, R., Olivas García, J. M., & Hernández Salas, J. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 41-63. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.173>
- González, J. H. (2018). Una lectura de REDD plus a partir de la evolución de sus elementos. *Anuario en Relaciones Internacionales*, 1-17. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/98878/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., & Lujan-Soto, J. E. (2017a). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque

- templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535-542. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., González-Tagle, M. A., Treviño Garza, E. J., & Mora-Olivo, A. (2017b). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137-146. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Valdecantos-Dema, A., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., . . . Mora-Olivo, A. (2020). Composición y estructura espacial de cinco asociaciones de bosques de *Pinus durangensis*. *Madera y Bosques*, 26(2), 1-20. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2621933>
- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., . . . Domínguez-Pereda, E. J. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(2), 189-200. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Hui, G., & Gadow, K. (2002). Das Winkelmaß. Herteilung des Optimalen Standarwinkels. *Allgemeine Forst u Jagdzeitung*, 10, 173-177.
- INEGI. (01 de Enero de 2015). *Anuario estadístico y geográfico de Durango*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076160.pdf
- Juárez-Agis, A., Herrera Castro, N. D., Martínez, J. L., & Reyes Umaña, M. (2016). Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(10), 1-20.
- Kraft, G. (1984). *Beiträge zur lehre von den durchforstungen, schlagstellungen und lichtungshieben*. Klindworth.
- Leyva-López, 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*, 16(2), 227-239. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.038>
- Lindenmayer, D. B., Margules, C. R., & Botkin, D. B. (2000). Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conservation biology*, 14(4), 941-950. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98533.x>
- López-Serrano, P. M., Vega Nieva, D. J., Corral Rivas, J. J., Briseño Reyes, J., & Antúnez, P. (2022). Diversidad e importancia ecológica de la vegetación arbórea en el Parque El Tecuán, Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(74), 34-53. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i74.1273>
- Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 211-235. <http://hdl.handle.net/10261/166281>
- Méndez-Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Pequeño Ledezma, M. Á. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 35-53. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>
- Mongabay, L. (2020). *La ruta histórica de la silvicultura comunitaria en México*. México: MONGABAY. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2020/10/la-ruta-historica-del-manejo-forestal-en-mexico-cuando-empezo/>
- Morales-Nieto, C. R., Siqueiros-Candia, M., Álvarez-Holguín, A., Gil-Vega, K. d., Corrales-Lerma, R., & Martínez-Salvador, M. (2022). Diversidad, estructura genética e hibridación en poblaciones de *Pinus arizonica* y *P. durangensis*. *Madera y Bosques*, 24(2), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722170>
- Návar-Cháidez, J. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71-87.

Recibido:
16/febrero/2024

Aceptado:
4/junio/2025

- Pompa-García, M., Cerano-Paredes, J., & Fulé, P. Z. (2013). Variation in radial growth of *Pinus cooperi* in response to climatic signals across an elevational gradient. *Dendrochronologia*, 31(3), 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2013.05.003>
- Rubio-Camacho, E. A., González-Tagle, M. A., Himmelsbach, W., Ávila-Flores, D. Y., Alanís-Rodríguez, E., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Patrones de distribución espacial del arbolado en un bosque mixto de pino-encino del noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(1), 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.015>
- SEMARNAT. (17 de Abril de 2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/ley-de-desarrollo-forestal-sustentable>
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. in *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Silva, J. E., Aguirre Calderon, O. A., Alanís Rodríguez, E., Jurado Ybarra, E., Jiménez Pérez, J., & Vargas Larreta, B. (2021). Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Polibotánica*, 52, 89-102. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.52.7>
- Silva-González, E., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., González Tagle, M. A., Treviño Garza, E. J., & Corral Rivas, J. J. (2022). Evaluación del aprovechamiento forestal en la diversidad y estructura de un bosque templado en Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), 103-132. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1017>
- Solís-Moreno, R., Aguirre Calderón, Ó. A., Javier, T. G., 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.
- Sosa-Rodríguez, F. S. (2015). Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 6(2), 4-23.
- Suárez, M. N., Alamilla, A. I., Montero, I. M., & Montero, C. M. (2022). Aplicación de algoritmos de optimización espacial para la selección de áreas de conservación de ecosistemas. *Universidad y Sociedad*, 14(2), 180-187.
- Valenzuela-Nuñez, L. M., & Granados Sánchez, D. (2009). Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1), 29-41.