



Madera y bosques

ISSN: 1405-0471

ISSN: 2448-7597

Instituto de Ecología A.C.

Silva-González, Edgar; Aguirre-Calderón, Oscar Alberto; Treviño-Garza, Eduardo Javier; Alanís-Rodríguez, Eduardo; Corral-Rivas, José Javier

Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura forestal en bosques templados en Durango, México

Madera y bosques, vol. 27, núm. 2, e2722082, 2021

Instituto de Ecología A.C.

DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61770783005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y **estructura forestal** en **bosques templados** bajo manejo en Durango, México

Effect of silvicultural treatments on forest diversity and structure in
temperate forests under management in Durango, Mexico

Edgar Silva-González¹, Oscar Alberto Aguirre-Calderón^{1*}, Eduardo Javier Treviño-Garza¹,
Eduardo Alanís-Rodríguez¹ y José Javier Corral-Rivas²

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México.

² Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales. Durango, Durango, México.

* Autor de correspondencia
oscar.aguirrecl@uanl.edu.mx

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura de especies en ecosistemas forestales de clima templado en el Municipio de Pueblo Nuevo del Estado de Durango, México; se realizó con la finalidad de conocer si el aprovechamiento forestal modifica la diversidad, mezcla de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional de los individuos en estos ecosistemas. La evaluación se realizó comparando 10 parcelas con historial de manejo, las cuales se midieron antes de la aplicación del tratamiento y cinco años después. Se compararon los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Margalef, así como índices de estructura de mezcla de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional. De acuerdo con los tratamientos silvícolas aplicados, los valores de los índices no presentan diferencias significativas en sus evaluaciones ($p > 0.05$), lo que indica que el aprovechamiento forestal no modifica la diversidad y estructura de especies del estrato arbóreo de esta comunidad vegetal.

PALABRAS CLAVE: comunidad vegetal, diferenciación dimensional, distribución espacial, estrato arbóreo, estructura de especies.

ABSTRACT

The present study evaluated the effect of silvicultural treatments on the diversity and structure of species in temperate forest ecosystems in the Municipality of Pueblo Nuevo in the State of Durango, Mexico; It was carried out to know if forest use modifies the diversity, mixture of species, spatial distribution, and dimensional differentiation of individuals in these ecosystems. The evaluation was carried out by comparing 10 plots with management history, which were measured before the application of the treatment and five years later. The diversity indices of Shannon, Simpson and Margalef were compared, as well as indices of structure of mixture of species, spatial distribution, and dimensional differentiation. According to the silvicultural treatments applied, the values of the indices do not present significant differences in their evaluations ($p > 0.05$), which indicates that forest use does not modify the diversity and structure of species of the tree stratum of this plant community.

KEYWORDS: plant community, dimensional differentiation, space distribution, tree stratum, species structure.

INTRODUCCIÓN

En el manejo forestal sustentable es fundamental conservar y mantener la biodiversidad, la composición florística, la mezcla de sus elementos y el paisaje del ecosistema (Hernández-Salas *et al.*, 2013). La caracterización estructural del estrato arbóreo es una manera de estimar la condición de las masas forestales en un momento determinado y su evolución en el tiempo (Gadow, Sánchez y Álvarez, 2007; Ni, Baiketuerhan, Zhang, Zhao y Gadow, 2014) y, a su vez, se ha convertido en una herramienta esencial para la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos en localidades sometidas a aprovechamiento o en áreas protegidas, en las cuales se observan procesos de sucesión natural o daños causados por actividades antropogénicas. Conocer y monitorear la estructura es importante para garantizar una gestión sostenible (Albert, Gadow y Kramer, 1995; Aguirre, Kramer y Jiménez, 1998; Corral Rivas, Aguirre Calderón, Jiménez Pérez y Corral Rivas, 2005).

La estructura de las masas forestales es un indicador de la biodiversidad (Hui y Pommerening, 2014; Mora-Donjuán, Buendía-Rodríguez, Rubio-Camacho, Alanís-Rodríguez y Treviño-Garza, 2016) por lo que se considera como uno de los aspectos de mayor importancia en la caracterización de ecosistemas forestales (Del Río, Montes, Cañellas y Montero, 2003), además se ha convertido en un importante factor para su análisis y gestión (Zhang, Hui, Hu y Zhao, 2018). Desde el punto de vista técnico, la gestión forestal requiere de información sobre la caracterización estructural para evaluar el impacto de diversos tratamientos silvícolas y contribuir en la toma de decisiones sobre planes de manejo, conservación y uso sustentable de los recursos forestales (Aguirre Calderón, Corral-Rivas, Vargas Larreta y Jiménez Pérez, 2008; López-Hernández *et al.*, 2017).

La estructura forestal se refiere a la forma en que los atributos de los árboles se distribuyen dentro de un bosque en un ecosistema forestal; diversidad no solo se refiere a riqueza de especies, sino a un conjunto de fenómenos que determinan la heterogeneidad dentro de una comunidad de árboles, incluida la variedad de tamaños y su ubicación (Ni *et al.*, 2014). La caracterización estructural se puede describir

mediante tres parámetros: a) diversidad y mezcla de especies que evalúan la manera en que los árboles se relacionan; b) distribución espacial que describe cómo se ordenan los individuos en la superficie y c) diferenciación dimensional que cuantifica la diferencia de tamaños de los árboles (Gadow y Hui, 1999; Franklin *et al.*, 2002). Por lo tanto, una manera adecuada y precisa para describir la estructura es la caracterización de las masas forestales considerando los parámetros mencionados (Gadow, Real y Álvarez, 2001). Para ello, es preciso utilizar índices o variables que reflejen estas características en pequeñas superficies o rodales (Corral Rivas *et al.*, 2005); la diversidad y estructura de especies de las masas forestales se puede medir a través de índices que aportan información para prescribir mejores prácticas silvícolas y formular estrategias de manejo forestal (Pastorella y Paletto, 2013).

En México se han realizado diversos estudios para analizar el efecto del manejo sobre la diversidad y estructura de ecosistemas forestales (Corral Rivas *et al.*, 2005; Solís Moreno *et al.*, 2006; Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008; Hernández-Salas *et al.*, 2013; Ramírez-Santiago *et al.*, 2019), demostrando que las prácticas silvícolas modifican las masas forestales de estos ecosistemas cambiando su diversidad y estructura. Para este estudio se presenta la hipótesis de que la aplicación de los tratamientos silvícolas (primer o segundo aclareo) modifican la diversidad y estructura de especies cambiando la mezcla y composición de sus elementos.

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura de especies arbóreas en ecosistemas forestales en bosques templados en el Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la región de El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, localizado al suroeste



del estado de Durango, en las zonas elevadas de la Sierra Madre Occidental, en los paralelos 23°05'10", 24°11'12" y los meridianos 105°11'19", 105°55'50" latitud norte y longitud oeste (Fig. 1). La altura sobre el nivel medio del mar se ubica en el intervalo de 2492 m a 2644 m (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] 1984); presenta una precipitación media anual de 1300 mm y una temperatura de 18 °C (Inegi, 2009).

En las comunidades vegetales evaluadas se realizaron aprovechamientos maderables bajo el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), la vegetación del lugar está constituida por bosques mezclados de especies de *Pinus*, *Quercus*, *Juniperus*, *Arbutus* y *Alnus*; son rodales de segundo crecimiento que han estado sujetos al aprovechamiento forestal por más de 100 años (Lujan-Soto, Corral-Rivas, Aguirre-Calderón y Gadow, 2015).

Colecta de datos

Los datos provienen de diez sitios permanentes de investigación forestal y de suelos (SPIFyS) los cuales fueron inventariados en 2008, antes de la aplicación del tratamiento de aclareo, y cinco años después de ella, en 2013. Para las instalación y remediación de las parcelas se siguieron las guías metodológicas para el establecimiento de sitios de investigación del estado de Durango propuestas por Corral-Rivas *et al.* (2009), y Corral-Rivas, Vargas-Larreta, Wehenkel, Aguirre-Calderón y Crecente-Ocampo (2013), respectivamente. En las parcelas de investigación se aplicaron los tratamientos silvícolas correspondientes al primer o segundo aclareo un año después de su instalación. Las dimensiones de las parcelas fueron de 50 m × 50 m (0.25 ha), ubicadas de manera sistemática dentro de la región.

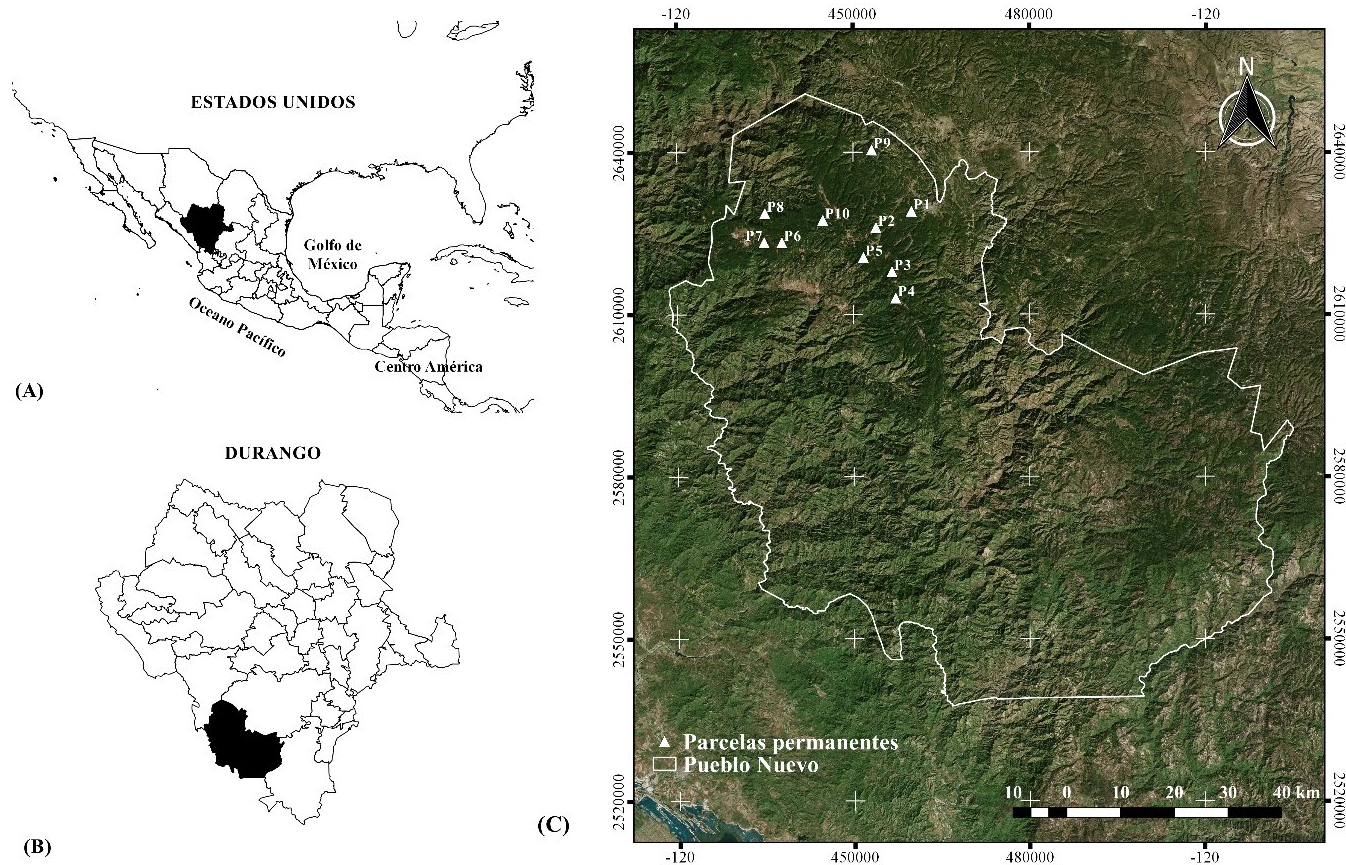


FIGURA 1. Localización de parcelas permanentes bajo manejo (C), en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

Para cada parcela se registró la siguiente información dasométrica: número de árbol, especie, dominancia, diámetro normal (> 7.5 cm), altura total (m), dos diámetros de copa (norte-sur, este-oeste), azimut y distancia de cada uno de los individuos al centro de la parcela. Además de registrar esta información para los árboles vivos, también se registró la presencia de tocones, individuos muertos en pie o caídos y árboles incorporados (regeneración).

Análisis de la información

Para estimar diversidad, dominancia y riqueza de especies se utilizaron los índices de Shannon, Simpson y Margalef, respectivamente. Para conocer el grado de mezcla de las especies, distribución espacial y diferenciación dimensional se utilizaron los índices de mezcla de especies de Gadow, uniformidad de ángulos de Gadow, diferenciación dimensional en diámetro y altura y el índice de dominancia (Castellanos-Bolaños *et al.*, 2008).

Índice de Shannon-Wiener (H')

La diversidad de especies para cada parcela se describió a través de este índice, el cual es una medida de diversidad derivada de la teoría de la información, ya que se fundamenta en la lógica (Magurran, 1988, Ec. 1). Gadow (1993) menciona que el índice de Shannon (H') es una de las variables más empleadas para la estimación de la diversidad de especies y refleja de buena manera la diversidad de poblaciones florísticamente ricas.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

Donde:

(p_i) = abundancia relativa de cada especie i (en número de individuos por hectárea)

$\ln(p_i)$ = logaritmo natural de la abundancia relativa de cada especie i

El valor del índice de Shannon (H') se incrementa conforme un mayor número de especies y la proporción de sus

individuos es más homogénea. Por lo tanto, H' depende no solo del número de especies presentes en un ecosistema, sino también de la frecuencia con que estén representadas.

Índice de Simpson (D)

Es uno de los parámetros que permite medir la riqueza y diversidad de organismos. En ecología es también usado para cuantificar la diversidad de un hábitat (Ec. 2).

$$D = 1 - \sum p_i^2 \quad (2)$$

Donde:

p_i = proporción de individuos de la especie i , respecto al número total de individuos

El índice de dominancia de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie; es decir, cuando más se acerca el valor a cero existe mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población, y cuanto más se acerque a la unidad existe menor dominancia (Magurran, 1998).

Índice de Margalef (IM)

Se utiliza para estimar la riqueza de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número total de individuos existentes en la muestra analizada (Ec. 3).

$$IM = \frac{(S - 1)}{(\ln N)} \quad (3)$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

El mínimo valor que puede adoptar es cero y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra ($S = 1$, por lo que $S - 1 = 0$)



Índices de estructura forestal

La caracterización de la estructura, que evalúa a) mezcla de especies, b) distribución espacial y c) diferenciación dimensional, se basó en la estimación de cinco índices. La determinación de tales índices estuvo constituida por un método de muestreo conocido como grupo estructural de cinco árboles. Este sistema de muestreo fue desarrollado por un grupo de investigadores de la Universidad de Göttingen, Alemania, para evaluar los atributos estructurales de los árboles que conforman una masa forestal (Gadow, 1993; Fuldner, 1995; Gadow *et al.*, 2001; Aguirre, Hui, Gadow y Jiménez, 2003; Corral Rivas *et al.*, 2005; Solís Moreno *et al.*, 2006).

a) Mezcla de especies

La diversidad de especies es un aspecto importante que debe ser considerado dentro del concepto de estructura y manejo sostenible de los bosques. Su monitoreo en las escalas espacial y temporal permite detectar cambios en indicadores clave de manejo forestal sostenible.

Índice de Mezcla de especies de Gadow (M_i). Es una medida de la segregación espacial de los individuos de diferentes especies donde se define el valor del índice del árbol de referencia i como la proporción de vecinos que pertenecen a especies diferentes a dicho árbol de referencia (Ec. 4; Fuldner, 1995; Gadow, 1993; Mora-Donjuán *et al.*, 2016).

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

v_j es una variable binaria discreta que toma el valor de 0 cuando el j -ésimo árbol es de la misma especie que el árbol de referencia i , y el valor de 1 si es de diferente especie. M_i puede tomar cinco diferentes valores (0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1). Los valores cercanos a cero indican que las especies tienden a agruparse y no se mezclan entre ellas; por el contrario, valores cercanos a uno indican una preferencia a mezclarse (Del Río *et al.*, 2003).

b) Distribución espacial

Para evaluar la distribución espacial de los individuos en las parcelas se empleó el índice de uniformidad de Gadow (W_i), ya que es de cálculo sencillo y ha probado ser eficiente para la descripción de este componente estructural (Clark y Evans, 1954; Cox, 1971; Ripley, 1979; Gadow, Hui y Albert, 1998; Solís Moreno *et al.*, 2006).

Índice de uniformidad de Gadow (W_i). La determinación del índice de uniformidad de Gadow W_i , (Ec. 5; (Gadow y Hui, 1999) se basa en la medición de los ángulos entre dos vecinos al árbol de referencia i y su comparación con un ángulo estándar a , de tal manera que considerando cuatro vecinos al árbol de referencia W_i puede tomar valores de 0.0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1, con condiciones espaciales de muy regular, regular, aleatorio, irregular y muy irregular, respectivamente.

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

v_j es una variable binaria discreta que asume el valor de 1 si el j -ésimo ángulo entre dos árboles vecinos es menor o igual al ángulo estándar a y 0 en caso contrario.

En este trabajo se utilizó un ángulo estándar de 72° , debido a que, en las simulaciones de Hui y Gadow (2002), se encontró a este valor como el ángulo estándar óptimo produciendo un promedio de $W = 0.50$ para una distribución aleatoria de los árboles.

c) Diferenciación dimensional

La última característica que define la estructura de un rodal es la variación existente entre los tamaños de los árboles que lo constituyen. Para evaluar este componente estructural se utilizaron los índices de diferenciación dimensional en diámetro, TD_i (Ec. 6) y altura, TH_i (Ec. 7); así como el índice de dominancia, U_i (Ec. 8). Estos índices han probado ser útiles para describir la estructura horizontal y vertical de los ecosistemas forestales (Aguirre *et al.*, 2003).

Índice de diferenciación dimensional. Este índice se puede aplicar a cualquier variable que represente el tamaño de árbol, para este caso diámetro y altura.

$$TD_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j \frac{\min(D_i, D_j)}{\max(D_i, D_j)} \quad (6)$$

$$TH_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j \frac{\min(H_i, H_j)}{\max(H_i, H_j)} \quad (7)$$

Donde:

TD y TH = diferenciación en diámetro y altura, respectivamente

i = árbol de referencia

D_i = diámetro del árbol i

D_j = diámetro del árbol j

H_i = altura del árbol i

H_j = altura del árbol j

El valor de ambos se incrementa al aumentar la diferencia media de los tamaños de los árboles cercanos al árbol de referencia. Un valor de cero corresponde a una situación donde todos los árboles tienen el mismo tamaño. En este trabajo se integraron cinco grupos de diferenciación dimensional de acuerdo con Aguirre *et al.* (1998), con las siguientes categorías: (Escasa: $0,0 < TD_i$ y $TH_i < 0,2$; Moderada: $0,2 < TD_i$ y $TH_i < 0,4$; Media: $0,4 < TD_i$ y $TH_i < 0,6$; Alta: $0,6 < TD_i$ y $TH_i < 0,8$; Muy Alta $0,8 < TD_i$ y $TH_i < 1$).

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 (Ec. 8, Gadow y Hui, 2002).

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_j \quad (8)$$

v_j es una variable binaria discreta que asume valor de 1 cuando el árbol j es más chico que el árbol de referencia i , y valor de 0 en caso contrario.

Al igual que los índices de mezcla de especies, uniformidad de ángulos y diferenciación dimensional sus valores oscilan entre 0 y 1. Considerando cuatro vecinos sus resultados son los siguientes: $U_i = 0$ 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 vecinos es más grande que el árbol de referencia i (dominante) y $U_i = 1$ si ninguno de los vecinos es más grande que el árbol de referencia i (muy dominante). Los cinco valores de U_i corresponden con las clases sociales desarrolladas por Kraft (1884).

Efecto de borde

El cálculo de los índices de estructura siempre estará sesgado a aquellos árboles cercanos a los bordes de las parcelas, a menos que un esquema de corrección por efectos de borde sea aplicado en su estimación. La razón es que estos árboles son problemáticos porque sus vecinos potenciales pueden estar localizados fuera del área de interés. Para eliminar el efecto de borde y obtener resultados insesgados de las variables estructurales, se utilizó un método de corrección de borde del n vecino más cercano (en inglés *nearest neighbour edge correction method*) propuesto por Pommerening y Stoyan (2006) en las rutinas de SAS. Esta técnica permite obtener estimaciones insesgadas para los valores medios de todos los índices, así como también las verdaderas distribuciones de sus valores. El principio se basa en el concepto de “*minus sampling*” por su término en inglés (reducción del número de árboles de referencia) y evalúa si todos los n vecinos más cercanos a un árbol de referencia i se encuentran verdaderamente localizados dentro de la parcela de observación, eliminando aquellos individuos que se encuentran muy cerca a alguno de los bordes de la parcela. Debido a que los cuatro vecinos más cercanos a un árbol de referencia i normalmente se



enumeran en orden ascendente de acuerdo con la distancia, en este estudio fueron ignorados todos los árboles de referencia cuya distancia media al cuarto árbol es más grande que la distancia al borde más cercano.

Análisis estadístico

Para evaluar si los índices utilizados en este trabajo suponen una diversidad y estructura significativamente diferente entre mediciones se aplicó una prueba de comparación de medias dependientes (*t de Student*) considerando 95% de nivel de significancia. La evaluación se realizó comparando la media de los diferentes índices utilizando el programa estadístico SAS (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la totalidad de las parcelas se registraron 20 especies, pertenecientes a cinco familias y siete géneros. El género *Pinus* presentó la mayor riqueza con seis especies; la distribución de este se encuentra en todo el sistema montañoso del país (García y González, 1998). López-Hernández *et al.* (2017) y Graciano Ávila *et al.* (2020) registraron que *Pinus* tiene mayor abundancia en bosques templados de Puebla y Durango. en el presente estudio, los géneros *Quercus* y *Arbutus* estuvieron presentes con cinco especies cada uno (Tabla 1). De las 20 especies observadas en los dos inventarios solo se comparten 17, ya que *Abies durangensis* y *Pinus engelmannii* se registraron en 2008 pero no se encontraron en 2013. En ese mismo año se observó presencia de *Pseudotsuga menziesii*, que fue ausente en 2008. La presencia o ausencia de especies en uno u otro año de medición posiblemente se debe a la poca abundancia absoluta (número de árboles por hectárea) y a que están sujetas a una mayor competencia y alto índice de mortalidad.

Para las parcelas muestreadas, en la tabla 2 se presenta el número de especies registradas en los dos años de muestreo (S1 y S2), el número de árboles, el de tocones, el de individuos muertos en pie o caídos, el de árboles incorporados y el tratamiento silvícola que se aplicó a cada parcela. La parcela 3 presentó un aumento en el número de sus individuos (+2), las parcelas restantes presentaron

reducción de su número de árboles; las parcelas con mayor remoción de arbolado fueron 5 y 6, con 91 y 119 individuos, respectivamente; en cambio, la parcela 5 presentó mayor número de individuos de regeneración con 69 incorporaciones.

Índices de diversidad

En la tabla 3 se muestran los valores para los diferentes índices de diversidad evaluados. En la parcela 4 el índice de Shannon (H') presentó los valores más bajos; esto se debe a que existe dominancia de una especie (*P. cooperi*) respecto a las demás ($H' = 0.235$ en 2008 y $H' = 0.253$ en 2013). Solís Moreno *et al.* (2006) encontraron valor de $H' = 0.72$ en una parcela con manejo de aclareos y $H' = 1.21$ en una parcela manejada por el método de selección; la parcela 2 presentó el valor más alto en 2008 ($H' = 1.722$), pero su valor se redujo en 2013 ($H' = 1.616$). En cambio, la parcela 9 presentó el valor más alto en 2013 ($H' = 1.707$), que es mayor al calculado en 2008 ($H' = 1.667$). La aplicación del tratamiento de aclareos favorece de forma significativa el hecho de que el género *Pinus* se torne dominante, ya que las cortas van dirigidas a aquellas especies con menor valor comercial (Solís Moreno *et al.*, 2006).

En la parcela 4 hubo registro de cuatro especies, *P. cooperi* presentó alta densidad de individuos en ambas mediciones, lo cual se refleja en el índice de dominancia de Simpson (D) ($D = 0.093$ y 0.101 , para 2008 y 2013, respectivamente). El índice de Margalef (IM) mostró que la parcela 2 tuvo la mayor riqueza para 2008 ($IM = 2.142$) y para 2013 ($IM = 1.973$), la 4 exhibió la menor riqueza, para 2008 ($IM = 0.536$) y para 2013 ($IM = 0.537$). En los dos años de evaluación, el promedio de los índices de diversidad de Margalef (2008 = 1.252 y 2013 = 1.205) fue mayor al calculado por Hernández-Salas *et al.* (2013) en tres periodos de evaluación (1986 = 0.812, 1996 = 0.905 y 2006 = 0.900) en un bosque templado al noroeste de México y a los obtenidos por Nívar y González (2009) en parcelas con una intensidad de corta de remoción de área basal de 20% en bosques templados de Durango (1982 = 1.08, 1992 = 1.04 y 2004 = 1.02).

TABLA 1. Especies y familias registradas durante 2008 y 2013 en diez parcelas establecidas en el área de estudio en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

<i>Especie</i>	<i>Familia</i>	<i>2008</i>	<i>2013</i>
<i>Abies durangensis</i>	Pinaceae	X	
<i>Alnus jorullensis</i>	Betulaceae	X	X
<i>Arbutus arizonica</i>	Ericaceae	X	X
<i>Arbutus bicolor</i>	Ericaceae	X	X
<i>Arbutus madrensis</i>	Ericaceae	X	X
<i>Arbutus tessellata</i>	Ericaceae	X	X
<i>Arbutus xalapensis</i>	Ericaceae	X	X
<i>Juniperus deppeana</i>	Cupressaceae	X	X
<i>Pinus ayacahuite</i>	Pinaceae	X	X
<i>Pinus cooperi</i>	Pinaceae	X	X
<i>Pinus durangensis</i>	Pinaceae	X	X
<i>Pinus engelmannii</i>	Pinaceae	X	
<i>Pinus leiophylla</i>	Pinaceae	X	X
<i>Pinus teocote</i>	Pinaceae	X	X
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Pinaceae		X
<i>Quercus conzatti</i>	Fagaceae	X	X
<i>Quercus crassifolia</i>	Fagaceae	X	X
<i>Quercus obtusata</i>	Fagaceae	X	X
<i>Quercus rugosa</i>	Fagaceae	X	X
<i>Quercus sideroxila</i>	Fagaceae	X	X

TABLA 2. Descripción de individuos muestreados en diez parcelas en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México, en los años 2008 y 2013.

<i>Parcela</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>Número de árboles 2008</i>	<i>Tocón</i>	<i>Muertos</i>	<i>Árboles incorporados</i>	<i>Número de árboles 2013</i>	<i>TS</i>
1	6	7	249	18	12	23 (-7)	242	Primer aclareo
2	12	11	170	11	10	11 (-11)	159	Segundo aclareo
3	9	8	114	7	1	10 (2)	116	Segundo aclareo
4	4	4	269	23	4	24 (-3)	266	Primer aclareo
5	5	4	240	91	0	69 (-22)	218	Primer aclareo
6	7	6	323	119	14	3(-130)	193	Primer aclareo
7	7	7	191	25	9	(-34)	157	Segundo aclareo
8	10	9	200	15	3	(-18)	182	Primer aclareo
9	9	9	238	30	7	3 (-34)	204	Primer aclareo
10	7	7	167	35	3	(-38)	129	Segundo aclareo

S1= especies en 2008; S2= especies en 2013; TS= tratamiento silvícola



TABLA 3. Valores obtenidos para los índices de diversidad en los dos inventarios (2008 y 2013) en diez parcelas en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

Parcela	Shannon (H')		Simpson (D)		Margalef (IM)	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
1	1.215	1.249	0.570	0.578	0.906	1.093
2	1.722	1.616	0.740	0.712	2.142	1.973
3	1.454	1.498	0.707	0.722	1.689	1.473
4	0.235	0.253	0.093	0.101	0.536	0.537
5	0.510	0.580	0.222	0.271	0.730	0.557
6	1.209	1.247	0.623	0.660	1.038	0.950
7	1.537	1.570	0.752	0.764	1.142	1.187
8	1.232	1.178	0.527	0.512	1.699	1.537
9	1.667	1.707	0.729	0.748	1.462	1.504
10	0.970	0.999	0.459	0.467	1.172	1.234
Media	1.175	1.19	0.626	0.554	1.252	1.205

Prueba t de Student para los índices de diversidad

En la tabla 4 se presentan los valores obtenidos de t , g y p . Los resultados indican que para ninguno de los casos existen diferencias significativas en los índices entre cada periodo de evaluación ($p > 0.05$), por lo que se demuestra que a pesar de la aplicación de algún aclareo no se modifica la diversidad, dominancia o riqueza de especies en estos ecosistemas. Estos resultados difieren de los de Graciano (2001), quien encontró que el tratamiento silvícola de cortas selectivas disminuye la diversidad arbórea, y de los de Corral Rivas *et al.* (2005), quienes registraron que los aprovechamientos forestales a través de cortas selectivas modifican la diversidad y abundancia de especies arbóreas. Ramírez-Santiago *et al.* (2019), al evaluar la riqueza específica en rodales mixtos de Oaxaca bajo diferentes condiciones de manejo, encontraron diferencias significativas entre un área sin intervención señalada como bosque de referencia (BR) y dos áreas manejadas mediante el método de selección por grupos (SG) y árboles padres (AP).

Índices de estructura forestal

Los resultados de mezcla de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional para 2008 y 2013 se presentan en la tabla 5. Los valores para el índice de mezcla de especies son similares entre las evaluaciones; los promedios $M_i = 0.51$, en ambos años de evaluación, fueron mayores a los estimados por Solís Moreno *et al.* (2006), quienes registraron valores de $M_i = 0.30$ y $M_i = 0.44$, en parcelas manejadas por método de aclareos y selección, en ecosistemas forestales de la sierra de la Candela, Tepehuanes, Durango, México. Castellanos-Bolaños *et al.* (2008) obtuvieron valores de $M_i = 0.45$, 0.56, 0.58 y 0.69 en cuatro condiciones silvícolas definidas como: latizal, fustal joven, fustal medio y fustal viejo, respectivamente, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca México; de las cuatro condiciones, fustal joven ($M_i = 0.56$) presentó valores similares a los calculados en este estudio. El índice de mezcla de especies está determinado por la abundancia relativa de las especies de los árboles. Especies con alta proporción de individuos reflejarán valores bajos de mezcla ya que estarán rodeados

de vecinos de la misma especie (Castellanos-Bolaños *et al.* 2008).

Los valores promedio para distribución espacial fueron $W_i = 0.52$ para 2008 y $W_i = 0.50$ para 2013. Tomando como referencia el estudio de Hui y Gadaw (2008), la distribución espacial puede ser considerada aleatoria en ambos años de medición. Estos autores mencionan que valores menores a 0.475 sugieren una distribución uniforme y valores mayores a 0.517 sugieren una distribución con tendencia a la formación de grupos. Corral Rivas *et al.* (2005) determinaron una distribución aleatoria con valores de $W_i = 0.52$, ya que es un valor muy cercano al límite superior establecido por Hui y Gadaw (2008) para distribuciones aleatorias. Aguirre *et al.* (2003) definieron como distribución aleatoria una parcela con valores de $W_i = 0.528$ pero con tendencia a la formación de grupos, Castellanos-Bolaños *et al.* (2008) definieron una distribución aleatoria valores de $W_i = 0.54$ para una condición fustal medio; Mora-Donjuán *et al.* (2016) para cuatro sitios de matorral sin remoción de la vegetación y sin registro de actividad productiva por más de 28 años presentaron un valor promedio de $W_i = 0.57$ indicando una distribución regular con tendencia a la formación de grupos. Aguirre *et al.* (2003); Corral Rivas *et al.* (2005) y Solís Moreno *et al.* (2006) mencionan que distribuciones al azar son más comunes en áreas sin manejo intensivo, mientras

que distribuciones regulares son producto de un tratamiento como el de aclareos, ya que el objetivo es que los árboles residuales incrementen de tamaño al disminuir la competencia, proporcionando espacio de crecimiento uniformes (Moeur, 1993; Cano, 1998; Smith, Larson, Kely y Ashton, 1966 y Solís Moreno *et al.*, 2006); en este estudio a pesar de la aplicación de tratamiento de aclareos la distribución espacial se determina de manera aleatoria.

Los promedios de diferenciación dimensional en diámetro y altura fueron para 2008 $TD_i = 0.67$ y $TH_i = 0.58$, y para 2013 $TD_i = 0.66$ y $TH_i = 0.57$, respectivamente. Considerando las clases de diferenciación propuestas por Aguirre Calderón *et al.* (2008), la diferenciación en diámetro se considera alta; igualmente para Solís Moreno *et al.* (2006), quienes obtuvieron valores de $TD_i = 0.58$ y 0.60 en parcelas manejadas con método de aclareos y selección. Por otro lado, Corral Rivas *et al.* (2005) observaron diferenciación en diámetro de clase media con valor de $TD_i = 0.42$ para una parcela manejada con selección; para este estudio, la diferenciación en altura se consideró de clase media, pues el manejo se realizó mediante aclareos, lo que coincide con Solís Moreno *et al.* (2006) al encontrar valores de $TH_i = 0.53$. Estos mismos autores obtuvieron valores de $TH_i = 0.7$ para una parcela manejada mediante el método de selección, considerando una clase de diferenciación alta.

TABLA 4. Valores obtenidos de la prueba *t de Student* para los índices de diversidad en los dos inventarios (2008 y 2013) en diez parcelas en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

<i>Índice</i>	<i>T1-T2</i>	<i>D.E.</i>	<i>Error</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p (> 0.05)</i>
Shannon	-0.015	0.053	0.017	-0.871	9	0.407
Simpson	0.072	0.267	0.084	0.858	9	0.413
Margalef	0.047	0.133	0.042	1.119	9	0.292
Menhinick	-0.0002	0.059	0.019	-0.011	9	0.992

T1=media del 2008; T2=media del 2013; D.E. desviación estándar; t=valor de t; gl=grados de libertad; p=valor de p.



TABLA 5. Valores obtenidos para los índices de estructura en los dos inventarios (2008 y 2013) en diez parcelas en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

Parcela	$M_i 1$	$M_i 2$	$W_i 1$	$W_i 2$	$TD_i 1$	$TD_i 2$	$TD_i 1$	$TD_i 2$	$U_i 1$	$U_i 2$
1	0.59	0.58	0.47	0.44	0.70	0.73	0.59	0.58	0.50	0.51
2	0.62	0.57	0.60	0.53	0.70	0.67	0.67	0.63	0.53	0.54
3	0.85	0.88	0.46	0.46	0.82	0.77	0.79	0.85	0.50	0.43
4	0.05	0.04	0.46	0.47	0.47	0.51	0.40	0.36	0.49	0.52
5	0.42	0.38	0.54	0.51	0.65	0.60	0.53	0.45	0.47	0.49
6	0.54	0.56	0.53	0.52	0.70	0.70	0.56	0.49	0.51	0.48
7	0.52	0.61	0.53	0.56	0.69	0.63	0.65	0.64	0.58	0.57
8	0.36	0.32	0.59	0.50	0.64	0.66	0.55	0.52	0.51	0.54
9	0.54	0.58	0.53	0.50	0.65	0.64	0.57	0.56	0.51	0.51
10	0.56	0.57	0.48	0.48	0.68	0.68	0.55	0.56	0.50	0.45
Media	0.51	0.51	0.52	0.50	0.67	0.66	0.58	0.57	0.51	0.50

M_i =mezcla de especies; W_i =uniformidad de ángulos; TD_i =diferenciación en diámetro, TH_i =diferenciación en altura, U_i =dominancia, 1=2008, 2=2013

El promedio del índice de dominancia arrojó valores de $U_i = 0.51$ y 0.50 para 2008 y 2013, respectivamente. De acuerdo con las clases sociales desarrolladas por Kraft (1984) para dimensiones de los árboles, se consideró al árbol de referencia de los diferentes grupos estructurales como codominantes, donde dos vecinos son más grandes que el árbol centro, lo que coincide con Solís Moreno *et al.* (2006) quienes encontraron valores de $U_i = 0.47$. Para este estudio se dio por hecho que se presenta arbolado de diferentes dimensiones en diámetro y altura, lo que determina que es una masa forestal heterogénea.

Prueba t de Student para índices de estructura forestal

De acuerdo con los valores obtenidos de $p (> 0.05)$ y al realizar una comparación entre años de evaluación para los cinco índices de estructura, no se encontraron diferencias significativas que indiquen que la aplicación de los aclareos modifica la estructura arbórea (Tabla 6). Se presume que la mezcla de especies se mantiene en los dos periodos de

evaluación; de igual manera se mantiene la distribución espacial donde se demuestra que los individuos se encuentran distribuidos de manera aleatoria. Finalmente, la diferenciación de las dimensiones en diámetro y altura no se ve afectada por evidencia de manejo forestal para estos ecosistemas sometidos a tratamientos con primer o segundo aclareo. Estos resultados difieren de los de Corral Rivas *et al.* (2005), quienes encontraron diferencias significativas en el análisis de la estructura que indican que los aprovechamientos forestales disminuyeron la diversidad de especies, modificaron la distribución espacial de los árboles y cambiaron la diferenciación dimensional de los individuos. Hernández-Salas *et al.* (2013) mencionan que el aprovechamiento forestal modifica la diversidad y composición del estrato arbóreo; su estudio comprende tres evaluaciones con intervalos de 10 años (1986, 1996 y 2006); para este estudio las evaluaciones comprenden un intervalo de 5 años, que pueden ser la causa de que no se registren cambios significativos con la aplicación de algún tipo de aclareo.

TABLA 6. Valores obtenidos de la prueba *t de Student* para los índices de estructura en los dos inventarios (2008 y 2013) en diez parcelas en El Salto, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México.

Índice	T1-T2	D. E.	Error	t	gl	P (>0.05)
$M_i 1 - M_i 2$	-0.004	0.043	0.014	-0.292	9	0.777
$W_i 1 - W_i 2$	0.022	0.036	0.012	1.908	9	0.089
$TD_i 1 - TD_i 2$	0.011	0.035	0.011	0.982	9	0.352
$TH_i 1 - TH_i 2$	0.022	0.04	0.013	1.73	9	0.118
$U_i 1 - U_i 2$	0.006	0.035	0.011	0.557	9	0.591

T1= media del 2008; T2= media del 2013; M_i =mezcla de especies; W_i =uniformidad de ángulos; TD_i =diferenciación en diámetro; TH_i =diferenciación en altura; U_i =dominancia; 1=2008, 2=2013, D.E. desviación estandar, t=valor de t, gl=grados de libertad, p=valor de p

Otro factor que puede influir en que los resultados de esta investigación difieran de las otras evaluaciones se puede deber al tratamiento silvícola aplicado, en este caso se realizaron aprovechamientos maderables correspondientes al MDS, donde las comunidades vegetales evaluadas cuentan con tratamientos silvícolas basados en primer y segundo aclareo; sin embargo, los tratamientos en estudios realizados por Corral Rivas *et al.* (2005) y Solís Moreno *et al.* (2006) fueron realizados mediante cortas de selección operado por el MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares).

CONCLUSIONES

Los tratamientos silvícolas aplicados correspondientes al primer y segundo aclareo en las parcelas de muestreo logran mantener diversidad, composición y estructura de especies en los dos intervalos de muestreo. La distribución espacial de las especies en las mediciones mantuvo su aleatoriedad. No se encontró diferencia significativa entre las dimensiones de diámetro y altura después de la aplicación de alguna corta. Se rechazó la hipótesis de que los tratamientos silvícolas correspondientes a primer o segundo aclareo modifican la diversidad y estructura del estrato arbóreo, puesto que se mantuvo la mezcla de especies presentes en el área de estudio.

REFERENCIAS

- 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 Fitotecnica Mexicana*, 31(3), 281-289.
- 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. doi: 10.1016/S0378-1127(03)00102-6
- Aguirre, O., Kramer, H., & Jiménez, J. (1998). Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforschungsversuch Nordmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 168(12), 213-219.
- Albert, M., Gadow, K. v., & Kramer, H. (1995). Zur Strukturbeschreibung in Duglasien-Jungbeständen am Beispiel der Versuchsflächen Manderscheid und Uslar. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 166(11), 205-201.
- Cano, C. J. (1988). El sistema de manejo regular en los bosques de México. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Subdirección de Extensión y Servicio.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., Musalem-Santiago, M., & López-Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 14(2), 51-63. doi: 10.21829/myb.2008.1421212.
- Clark, P. J., & Evans, F. C. (1954). Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationship in populations. *Ecology* 35(4), 445-453. doi: 10.2307/1931034



- Corral-Rivas, J. J., Vargas-Larreta, B., Wehenkel, C., Aguirre-Calderón, O. A., & Crecente-Ocampo, F. (2013). Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales. Comisión Nacional Forestal-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- 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. *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales* 14(2), 217-228.
- Corral-Rivas, J. J., Vargas Larreta, B., Wehenkel, C., Aguirre Calderón, O. A., Álvarez, J. G., & Rojo Alboreca, A. (2009). Guía para el establecimiento de sitios de investigación forestal y de suelos en bosques del estado de Durango. Durango, México: Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Cox, F. (1971). *Dichtebestimmung und Strukturanalyse von Pflanzenpopulationen mit Hilfe von Abstandsmessungen: ein Beitrag zur methodischen Weiterentwicklung von Verfahren für Verjüngungsinventuren*. Hamburg: Wiedebusch.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales*, 12(1), 159-176.
- Franklin, J. F., Spies, T. A., Pelt, R. V., Carey, A. B., Thornburgh, D. A., Berg, D. R., Lindenmayer, D. B., Harmon, M. E., Keeton, W. S., Shaw, D. C., Bible, K., & Chen, J. (2002). Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forest as an example. *Forest Ecology and Management*, 155(1-3), 399-423. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00575-8
- Füldner, K. (1995). Zur strukturbeschreibung in mischbeständen. *Forstarchiv* 66, 235-240.
- Gadow, K. v. (1993). Zur Bestandesbeschreibung in der Forsteinrichtung. *Forst und Holz*, 48, 602-606.
- Gadow, K. v., & Hui, G. (1999). *Modelling forest development*. Vol. 57, Part of the Forestry Sciences book series (FOSC) (pp. 26-60). Netherlands: Springer. doi: 10.1007/978-94-011-4816-0
- Gadow, K. v., & Hui, G. (2002). Characterizing forest spatial structure and diversity. Proceedings of the Sustainable Forestry in Southern Sweden (SUFOR) conference "Sustainable Forestry in Temperate Regions", Lund, April 7-9.
- Gadow, K. v., Hui, H., & Albert, M. (1998). Das Winkelmaß –ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 115(1), 1-9.
- Gadow, K. v., Real, P., & Álvarez, G. J. (2001). *Modelación del crecimiento y la evolución de los bosques*. IUFRO World Series. Vol. 12, 242 pp.: International Union of Forest Research Organizations (IUFRO).
- Gadow, K. v., Sánchez Orois, S., & Álvarez González, J. G. (2007). *Estructura y Crecimiento del Bosque*. Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen.
- García, A. A., & González, E. M. S. (1998). *Pináceas de Durango*. Durango, México: CIIDIR-IPN, Instituto de Ecología A.C., SIVILLA y Gobierno del Estado de Durango.
- 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). Cambios estructurales de la vegetación arbórea en un bosque templado de Durango, México. *Acta Botanica Mexicana*, 127: e1522. doi: 10.21829/abm127.2020.1522
- 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*. Tesis de maestría, Facultad de ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.
- 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 Medio Ambiente*, 19(3), 189-199. doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052
- Hui, G. y Pommerening, A. (2014). Analysing tree species and size diversity patterns in multi-species uneven-aged forests of Northern China. *Forest Ecology and Management* 316: 125-138. doi: 10.1016/j.foreco.2013.07.029
- Hui, G. y Gadow, K. V. (2002). Das winkelmass-theoretischetbedegungen zum optimalen standardwinkel. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung: Allg. F. u. J. Ztg.*, 173 (9), 173-177.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [Inegi] (1984). Carta topográfica Escala 1:50,000 F13-A18. El Salto, Durango, México: Inegi.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [Inegi]. (2009). Cartas temáticas del Estado de Durango. Aguascalientes, Aguascalientes, México: Inegi
- Kraft, G. (1884). *Beiträge zur lehre von den durchforstungen, schlagstellungen und lichtungshieben*. Hannover, Alemania: Verlag Keind-worth.
- López-Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. 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. doi: 10.21829/myb.2017.2311518
- Lujan-Soto, J. E., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., & Gadow, K. v. (2015). Grouping forest tree species on the Sierra Madre Occidental, Mexico. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 186(3-4), 63-71.
- Magurran, A. E. (1998). *Ecological diversity and its measurement*. Dordrecht, Países Bajos: Springer. doi 10.1007/978-94-015-7358-0
- Moeur, M. (1993). Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. *Forest Science*, 39(4), 756-775.
- Mora-Donjuán, C. A., Buendía-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Alanís-Rodríguez, E., & Treviño-Garza, E. J. (2016). Distribución espacial, composición y estructura de un matorral en el noreste de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 39(1), 87-95. doi: 10.35196/rfm.2016.1.87-95
- Návar-Cháidez, J. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71-87. Recuperado de <https://www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica/article/view/785/1009>
- Ni, R., Baiketuerhan, Y., Zhang, C., Zhao, X., & Gadow, K. v. (2014). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*, 316: 139-147. doi: 10.1016/j.foreco.2013.10.012
- Pastorella, F., & Paletto, A. (2013). Stand structure indices as tools to support forest management: an application in Trentino forests (Italy). *Journal of Forest Science*, 59: 159-168. doi: 10.17221/75/2012-JFS
- Pommerening, A., & Stoyan, D. (2006). Edge-correction needs in estimating indices of spatial forest structure. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(7), 1723-1739. doi: 10.1139/x06-060
- Ramírez Santiago, R., Ángeles Pérez, G., Hernández de la Rosa, P., Cetina Alcalá, V. M., Plascencia Escalante, O., & 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), e 2531818. doi: 10.21829/myb.2019.2531818
- Ripley, B. D. (1979). Tests of 'randomness' for spatial point patterns. *Journal of the Royal Statistical Society, series B*, 41(3), 368-374.
- Statistical Analysis System [SAS] (2009). User's Guide. SAS/STAT® 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Smith, D. M., Larson, B. C., Kelty, M. J., & Ashton, P. M. S. (1996). *The practice of silviculture: Applied forest ecology* (9a ed.) Nueva York, EUA: John Wiley & Sons.
- Solís Moreno, R., Aguirre Calderón, O. 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. doi: 10.21829/myb.2006.1221242
- Zhang, L., Hui, G., Hu, Y., & Zhao, Z. (2018). Spatial structural characteristics of forests dominated by *Pinus tabulaeformis* Carr. *PLoS ONE*, 13(4), e0194710. doi: 10.1371/journal.pone.0194710

Manuscrito recibido el 03 de diciembre de 2019

Aceptado el 29 de mayo de 2020

Publicado el 21 de diciembre de 2021

Este documento se debe citar como:

Silva-González, E. A., 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), e2722082. doi: 10.21829/myb.2021.2722082



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.