







# Análisis de la regeneración natural de un bosque árido templado en el noreste de México

## Analysis of the natural regeneration of a temperate arid forest in northeastern Mexico

Ana Marissa de la Fuente Solís<sup>1</sup>  • Eduardo Alanís Rodríguez<sup>1</sup>  • María Inés Yáñez Díaz<sup>1</sup>  • Israel Cantú Silva<sup>1</sup>   
• Wibke Himmelsbach<sup>1</sup>  • Miguel Ángel Martín del Campo Delgado<sup>2</sup> 

Recibido: 22/01/2024

Aceptado: 13/08/2024

### Abstract

The objectives of the study were 1) to evaluate the composition and diversity of tree species in a reforested site in a temperate arid forest in northeast Mexico and 2) to estimate the survival percentage of a ten-year plantation of *Pinus cembroides*. A total of 14 sampling units of 1000 m<sup>2</sup> each were established where every individual was recorded. For each species the Importance Value Index (IVI) was calculated based on the relative abundance, the dominance and the frequency. A total of 19 species, 16 genera and 13 families were recorded. The most represented family was Pinaceae followed by Fabaceae and Euphorbiaceae with 476 individuals ha<sup>-1</sup>, 266 individuals ha<sup>-1</sup> and 161 individuals ha<sup>-1</sup>, respectively. The families Anacardiaceae and Berberidaceae had the lowest presence (1 individual ha<sup>-1</sup>). According to the IVI, the most ecologically important species were: *Juniperus monosperma*, *Pinus cembroides* and *Mimosa texana*, while *Vachellia constricta*, *Rhus pachyrrhachis* and *Berberis trifoliolata* presented an IVI of less than 1. Species richness and species diversity were estimated using the Margalef index (DMg = 2,51) and the Shannon index (H' = 2,07), which indicates that the forest had a medium species richness and diversity. The survival of the *Pinus cembroides* plantation was 47,6 %, with an estimated 476 living individuals per hectare.

**Keywords:** Floristic composition, abundance, species diversity, regenerating, forest, Mexico.

1. Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Ciudad de Linares, Nuevo León, México; [ana.delafuentesls@uanl.edu.mx](mailto:ana.delafuentesls@uanl.edu.mx), [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx), [maria.yanezd@uanl.edu.mx](mailto:maria.yanezd@uanl.edu.mx), [israel.cantusl@uanl.edu.mx](mailto:israel.cantusl@uanl.edu.mx), [wibke.himmelsbach@uanl.edu.mx](mailto:wibke.himmelsbach@uanl.edu.mx)
2. Gerencia de Calidad del Laboratorio Estatal de Salud Pública, Estado de México (ISEM), México; [tmiguel.a.martindelcampo@gmail.com](mailto:tmiguel.a.martindelcampo@gmail.com)

## Resumen

Los objetivos de la presente investigación fueron 1) evaluar la composición y diversidad de especies arbóreas en un sitio con reforestación en un bosque árido templado en el Noreste de México y 2) estimar el porcentaje de supervivencia de una plantación de diez años de *Pinus cembroides*. Se establecieron 14 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> y se registró cada individuo. Para cada especie se calculó el índice de valor de importancia (IVI) con base en la abundancia, dominancia y frecuencia relativas. Se registraron 19 especies, 16 géneros y 13 familias. La familia con mayor representación fue la Pinaceae seguida de la Fabaceae y Euphorbiaceae con 476 individuos ha<sup>-1</sup>, 266 individuos ha<sup>-1</sup> y 161 individuos ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que las familias Anacardiaceae y Berberidaceae (1 individuo ha<sup>-1</sup>) presentaron la menor presencia. Según el IVI, las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Juniperus monosperma*, *Pinus cembroides* y *Mimosa texana*, por el contrario, las especies *Vachellia constricta*, *Rhus pachyrrhachis* y *Berberis trifoliolata* presentaron un IVI menor a 1. La riqueza específica y diversidad específica de especies se estimaron mediante el índice de Margalef (DMg = 2,51) y el índice de Shannon (H' = 2,07), lo que indica que el bosque presenta una riqueza y diversidad de especies media. La supervivencia de la plantación de *Pinus cembroides* fue del 47,6 %, presentando 476 individuos vivos por hectárea.

**Palabras clave:** Volumen de árboles en pie, método de Smalian, Brasil.

## Introducción

Los bosques son ecosistemas capaces de albergar una gran variedad de vida y es esencial gestionarlos adecuadamente, para prevenir y evitar la pérdida de importantes superficies [1]. La biodiversidad, es fundamental para mantener el equilibrio de los ecosistemas y proporciona una serie de servicios ambientales, que son vitales para la vida y de los cuales los seres humanos obtienen diversos beneficios [2].

Los ecosistemas forestales se reducen considerablemente cada año, asimismo, la recuperación de estos ecosistemas se da a través de programas de reforestación, como las plantaciones de especies arbóreas [3]. Estas reforestaciones son una medida de recuperación de áreas con suelos degradados y áreas abandonadas en donde anteriormente se realizaban cultivos agrícolas [4]. Al mismo tiempo, la implementación de prácticas de conservación y aprovechamiento desempeña un papel fundamental en la preservación y conservación de su biodiversidad [5].

Gestionar la biodiversidad es una tarea complicada en la que se deben considerar, por un lado, la estructura

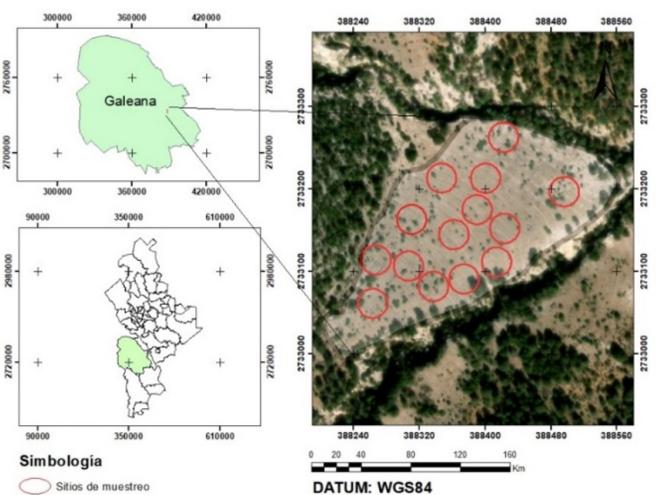
de especies como indicador de la diversidad y la evaluación y composición florística como parte crucial para su gestión. Estos elementos permiten evaluar el comportamiento de la comunidad vegetal y de cada especie, información necesaria para desarrollar planes de manejo que permitan su conservación o mejora [6], [7]. Para conocer la estructura se emplean índices que reflejan la importancia ecológica de las especies, entre los que destaca el índice de valor importancia (IVI) [8], [9] y a nivel comunidad el índice de Margalef y el índice de Shannon [10], [11].

Aunque existen investigaciones sobre la regeneración de las comunidades vegetales del bosque de coníferas [12], [13], [14], [15], en el norte de México no existen estudios que brinden información suficiente sobre la regeneración de este ecosistema afectado por agricultura y/o ganadería. Por lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron 1) evaluar la composición y la diversidad de especies arbóreas en un bosque árido templado en el Noreste de México con historial de uso agrícola y pecuario y 2) estimar el porcentaje de supervivencia de una plantación de diez años de *Pinus cembroides* (Zucc).

## Materiales y métodos

### Área de estudios

El área de estudio se localiza en la Sierra Madre Oriental en la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada, en el ejido La Tapon, perteneciente al municipio de Galeana, Nuevo León (Noreste de México; Figura



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en el municipio de Galeana, México. Los círculos rojos corresponden a los sitios de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup>.

**Figure 1.** Location of the study area in the municipality of Galeana, Mexico. The red circles correspond to the 1,000 m<sup>2</sup> sampling sites.

1), en las coordenadas geográficas 24°42'31,7'' de latitud norte 100°06'13,25'' de longitud oeste, con un gradiente altitudinal de 1931 a 1958 m. Según la clasificación de Köppen modificada por García [16], el clima predominante corresponde al tipo seco o árido templado BSok(x'), con temperatura media anual de 12° a 18°C. La precipitación media anual entre 400 y 600 mm [17], [18]. El suelo predominante es del tipo Leptosol con Xerosol cálcicos, la vegetación predominante de la zona es bosque de coníferas [19].

En el área de estudio se establecieron cultivos de maíz y frijol durante 70 años, de 1920 a 1990. En 1990 se abandonó la actividad agrícola y se usó para ganadería bovina, quedando el sitio sin cobertura vegetal. En el año 2013 se excluyó el área del ganado y se realizó la reforestación con *P. cembroides*. La plantación se realizó de forma lineal, con una distancia entre planta y planta de alrededor de 2 m. La distancia promedio entre línea y línea fue de 5,20 m. La densidad de plantación por hectárea fue de 1000 plántulas.

**Evaluación en campo**

Se delimitó la superficie de la reforestación mediante recorridos de campo e imágenes satelitales. Para evaluar la regeneración natural del área reforestada

se establecieron 14 sitios de muestreo de 1000 m<sup>2</sup> (Figura 1). Los sitios se distribuyeron aleatoriamente. El criterio para determinar el número de sitios fue la intensidad de muestreo, considerando un 25 %, lo cual es un porcentaje adecuado y suficiente para evaluar comunidades vegetales [20], [21]. En los sitios de muestreo se evaluaron todos los individuos leñosos y suculentas, identificando la especie y midiéndoles la altura total y el diámetro de copa.

**Análisis de la información**

Para la evaluación del porcentaje de supervivencia de la plantación de *P. cembroides*, se utilizó la ecuación 1 [22], [23]:

$$%S = b (p / (p(N))) * 100 \quad (1)$$

Donde: %S = Porcentaje de supervivencia, *p*<sub>i</sub> = Número de plantas vivas, *p*(*N*) = Número de plantas vivas y muertas.

Para cumplir con los objetivos, se estimó la abundancia (AR<sub>i</sub>), dominancia (DR<sub>i</sub>), frecuencia (FR<sub>i</sub>) e IVI [24]. La abundancia hace referencia al número de individuos de una especie por unidad de superficie con relación

**Cuadro1.** Fórmulas utilizadas en la determinación de la diversidad e indicadores ecológicos de especies, Nuevo León, México, 2023.

**Table 1.** Methods used to calculate the species diversity and the ecological indicators, Nuevo León, México, 2023.

Fórmula	Donde
$A_i = N_i/S$ $AR_i = (A_i/\sum A_i) * 100$ $i = 1, \dots, n$	$A_i$ = Abundancia absoluta $AR_i$ = Abundancia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la abundancia total $N_i$ = Número de individuos de la especie <i>i</i> $S$ = Superficie de muestreo (ha).
$F_i = N_i/S$ $FR_i = (F_i/\sum F_i) * 100$ $i = 1, \dots, n$	$F_i$ = Frecuencia absoluta $FR_i$ = Frecuencia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la frecuencia total $P_i$ = Número de sitios en la que está presente la especie <i>i</i> $NS$ = Número total de sitios de muestreo.
$D_i = N_i/S$ $DR_i = (D_i/\sum D_i) * 100$ $i = 1, \dots, n$	$D_i$ = Dominancia absoluta $DR_i$ = Dominancia relativa de la especie <i>i</i> respecto a la dominancia total $A_b$ = Área basal de la especie <i>i</i> $S$ = Superficie (ha).
$IVI = (AR_i + DR_i + FR_i) / 3$	$IVI$ = Índice de valor de importancia, $AR_i$ = Abundancia relativa de la especie <i>i</i> $DR_i$ = Dominancia relativa de la especie <i>i</i> $FR_i$ = Frecuencia relativa de la especie <i>i</i>
$D_{Mg} = (S-1) / \ln(N)$	$D_{Mg}$ = Índice de Margalef $S$ = Número de especies presentes $\ln$ = Logaritmo natural $N$ = Número total de individuos
$H' = -\sum p_i * \ln(p_i)$ $p_i = n_i / N$	$H'$ = Índice de Shannon-Weiner. $p_i$ = Abundancia proporcional de la <i>i</i> -ésima especie
${}^1D = \exp(H)$	${}^1D$ = Índice de diversidad verdadera de Shannon $H'$ = Índice de Shannon-Weiner.

al número total de individuos, es decir, indica la cantidad de veces que se registró cada especie [25]. La frecuencia se refiere a la proporción de sitios de muestreo en las que aparece una determinada especie, revela la distribución espacial de las especies [26]. La dominancia se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se expresa por el área de copa [27]. La dominancia relativa es calculada como el porcentaje del área de copa de cada especie respecto al total de área de copa de todos los individuos, así mismo, la dominancia absoluta de las especies se obtiene sumando las áreas de copa de todos los individuos por especie [25].

Con dicha información se calculó el IVI que adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 [21], [28]. El IVI es la sumatoria de los valores relativos de abundancia, frecuencia y dominancia de cada especie. El resultado final del IVI es un valor que indica la importancia relativa de cada especie en la comunidad vegetal [26], [29], [30]. Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (DMg) [31], [32]. También se estimaron el índice de Shannon y Weiner (H') [33], [34] y el índice de Diversidad Verdadera de Shannon (1 D) (Cuadro 1).

## Resultados y discusión

Se registraron 19 especies, 16 géneros y 13 familias (Cuadro 2). Los géneros con dos especies fueron *Cercocarpus*, *Juniperus* y *Opuntia* y la familia con mayor representación fue la Pinaceae con 476 individuos ha<sup>-1</sup>, seguida de la Fabaceae con 266 individuos ha<sup>-1</sup> de tres especies y tres géneros.

### Abundancia

A nivel familia, las que presentaron mayor abundancia fue Pinaceae (476 individuos ha<sup>-1</sup>), seguido por Fabaceae (266 individuos ha<sup>-1</sup>) y Euphorbiaceae (161 individuos ha<sup>-1</sup>), mientras que las familias Asparagaceae (3 individuos ha<sup>-1</sup>), Amaranthaceae (2 individuos ha<sup>-1</sup>); Anacardiaceae, Berberidaceae y Rosaceae (1 individuo ha<sup>-1</sup>) presentaron la menor presencia. De las 19 especies identificadas, *P. cembroides*, *Croton suaveolens* Torr., *Mimosa texana* (A. Gray) Small, *Dalea greggii* A. Gray y *Brickellia veronicifolia* (Kunth) A. Gray, representan el 77,21 % de la abundancia, destacando el *P. cembroides* con 36,81 % (Cuadro 3).

Debido a la reforestación la familia con mayor representación de individuos fue la Pinaceae, y de

**Cuadro 2.** Nombre científico, nombre común y familia de las especies (ordenadas alfabéticamente) encontradas en la plantación en el ejido La Tapon, Nuevo León, México, 2023.

**Table 2.** Scientific name, common name and family of the species (in alphabetical order) found in the plantation in the ejido La Tapon, Nuevo León, Mexico, 2023.

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Agave scabra</i> (Salm-Dyck)	Magüey	Asparagaceae
<i>Atriplex</i> sp	<i>Atriplex</i>	Amaranthaceae
<i>Berberis trifoliolata</i> (Moric.)	Agrito	Berberidaceae
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray)	Brickellia	Asteraceae
<i>Buddleja scordioides</i> (Kunth)	Escobilla, salvilla	Escrofulariaceae
<i>Cercocarpus fothergilloides</i> (Kunth)	Ramón	Rosaceae
<i>Cercocarpus macrophyllus</i> (C.K.Schneid.)	Limoncillo	Rosaceae
<i>Condalia ericoides</i> (A. Grey) M.C Johnston)	Abrojo	Rhamnaceae
<i>Croton suaveolens</i> (Torr.)	Encinillo	Euphorbiaceae
<i>Dalea greggii</i> (A. Grey)	Orégano Cimarrón	Fabaceae
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Tatalencho	Asteraceae
<i>Juniperus monosperma</i> (Engelm.) Sarg.	Junípero de una semilla, sabino	Cupressaceae
<i>Juniperus saltillensis</i> (M. T. Hall)	<i>Juniperus saltillensis</i>	Cupressaceae
<i>Mimosa texana</i> (A. Gray)	Uña de gato	Fabaceae
<i>Opuntia imbricate</i> (Haworth) DC	Cardache, entraña, cardón	Cactaceae
<i>Opuntia phaeacantha</i> (Engelm.)	Nopal	Cactaceae
<i>Pinus cembroides</i> (Zucc.)	Pino Piñonero	Pinaceae
<i>Rhus pachyrrhachis</i> (Hemsl.)	Rhus	Anacardiaceae
<i>Vachellia constricta</i> (Benth)	Chaparro prieto	Fabaceae



manera natural fue la Fabaceae (266 individuos ha<sup>-1</sup> y tres especies), cantidad menor a la registrada por Ramos-Castillo [35] (21 especies) en Chihuahua, esta diferencia de especies se debe a que el área se localiza dentro de la zona ecología templada subhúmeda con bosques mixtos a diferencia del área evaluada en la presente investigación que es tipo seco o árido templado. A su vez, las familias tienen una distribución de acuerdo a las condiciones climáticas; tal es el caso de la Fabaceae ya que un alto porcentaje del tipo arbustivo son predominantes en zonas de clima templado [36].

La presencia de *P. cembroides* se debe a las acciones de reforestación. López-Hernández et al., [11] y Aguirre-Calderón et al., [37] reportaron también que el género *Pinus* presenta una mayor abundancia en bosques templados bajo manejo. El género *Croton* se ha registrado en sitios de disturbio y se presenta más en pendientes inferiores [38]. El género *Mimosa* se puede desarrollar en zonas de disturbios, como en superficies afectadas por el paso de ganado, como es el área de estudio, además son capaces de formar “islas de recursos”, así como el establecimiento de otras especies como las cactáceas [39], [40], [41].

### Supervivencia

De acuerdo con la densidad de plantación, la supervivencia de la plantación de *P. cembroides* a 10 años de la exclusión del ganado fue del 47,6 %. Se estimó la presencia de 476 individuos vivos por hectárea. Factores abióticos (clima, radiación solar, precipitación, composición del suelo) y factores bióticos (competencia entre especies, depredación, entre otros) pueden afectar o mejorar la supervivencia de las plantaciones de especies forestales con fines de restauración ecológica [42], [43].

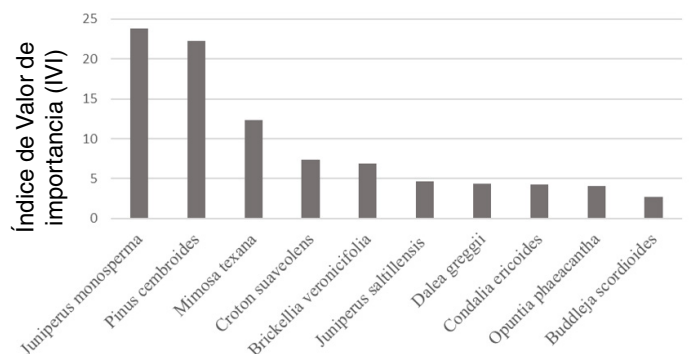
Calleja-Peláez et al. [4] determinaron la supervivencia del *Pinus ayacahuite* (Ehrenb.) y *Pinus patula* (Schiede ex Schltdl. & Cham). obtuvieron un promedio general de 79,99 %, este valor es mayor al obtenido en la presente investigación, esta diferencia se puede deber a los diferentes factores tales como el clima, la precipitación y el tiempo en que se evaluó. Otros autores han registrado tasas de supervivencia al año de realizar la reforestación en bosques templados <55 % [44], [45].

Por otra parte, Vásquez-García et al. [46] evaluaron 6 plantaciones de diferentes años (uno, dos, ocho y diez) de *Pinus oaxacana* (Mirov.) y dos plantaciones (cuatro y seis) de *Pinus greggii* (Englem.), en 3 comunidades (Magdalena Yodocono, San Francisco Teopan y Tlacotepec Plumas) destacando la supervivencia promedio de las comunidades San Francisco Teopan y Tlacotepec Plumas con el 74,48 % y 71 % respectivamente, este alto valor se debe a que

la selección de especies fue la adecuada y que existe mayor precipitación. A su vez, Torres y Magaña [47] indican que valores de supervivencia > 60 % son aceptables para plantaciones de protección, lo que indica que la plantación evaluada está ligeramente debajo del mínimo aceptable.

### Dominancia

Referente a la dominancia, la comunidad vegetal presentó una cobertura de 849,03 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que equivale a un 8,49 % de cobertura vegetal en el área incluyendo al *P. cembroides*, sin esta especie la cobertura vegetal sería de 703,74 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que equivaldría a un 7,03 %. La especie que presentó el mayor valor fue *Juniperus monosperma* (Engelm.) Sarg. con el 53,37 %, seguido del *P. cembroides* con 17,11 %. Esta baja cobertura podría explicarse por la poca resiliencia de los bosques áridos, debido a su escasa precipitación [48]. Además, algunas especies presentan un mayor riesgo de mortalidad debido a la erosión y sequía, por lo cual favorece a especies como el *Juniperus* ya que se pueden desarrollar prósperamente en condiciones ecológicas de escasas de agua [49], [50]. Debido a su espeso follaje le permite almacenar agua mejor que otras especies identificadas en el sitio [49], [51]. Los resultados de la presente investigación son muy diferentes a los presentados por Graciano-Ávila et al. [6] en los cuales se registraron una dominancia relativa del género *Pinus* de 70,98 % y del género *Juniperus* de 3,15 % en un bosque templado maduro. Castro-López [49] señala que los juníperos que se localizan en México presentan conos carnosos y dulces, lo que los hace más avanzados evolutivamente, ya que favorece su dispersión mediante las aves y pequeños mamíferos. Velazco et al. [52] mencionan que el norte de México posee las condiciones ambientales favorables para el crecimiento del *J. monosperma* y *Juniperus flaccida* Schltdl. ya que son tolerantes a los



**Figura 2.** Especies con el mayor Índice de Valor de Importancia en el ejido La Taponá, Nuevo León, México, 2023.

**Figure 2.** Species with the highest Importance Value Index in the La Taponá ejido, Nuevo León, Mexico, 2023

**Cuadro 3.** Abundancia, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies en el en el ejido La Tapon, Nuevo León, México, 2023. Las especies se ordenaron de manera descendente de acuerdo con su valor de IVI.

**Table 3.** Abundance, dominance, frequency and Importance Value Index (IVI) of the species in the ejido La Tapon, Nuevo León, Mexico, 2023. Species shown in descending order according to the IVI values.

Especies	Abundancia (N/ha)		Dominancia (m <sup>2</sup> /ha)		Frecuencia		IVI
	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	Abs.	Rel.	
<i>Juniperus monosperma</i>	67	5,19	453,13	53,37	100,00	12,73	23,76
<i>Pinus cembroides</i>	476	36,81	145,29	17,11	100,00	12,73	22,22
<i>Mimosa texana</i>	140	10,82	122,38	14,41	92,86	11,82	12,35
<i>Croton suaveolens</i>	161	12,47	11,69	1,38	64,29	8,18	7,34
<i>Brickellia veronicifolia</i>	96	7,45	19,63	2,31	85,71	10,91	6,89
<i>Juniperus saltillensis</i>	28	2,15	15,59	1,84	78,57	10,00	4,66
<i>Dalea greggii</i>	125	9,66	5,64	0,66	21,43	2,73	4,35
<i>Condalia ericoides</i>	34	2,59	33,26	3,92	50,00	6,36	4,29
<i>Opuntia phaeacantha</i>	50	3,86	8,29	0,98	57,14	7,27	4,04
<i>Buddleja scordioides</i>	64	4,97	4,13	0,49	21,43	2,73	2,73
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	33	2,54	17,61	2,07	21,43	2,73	2,45
<i>Opuntia imbricata</i>	10	0,77	4,67	0,55	35,71	4,55	1,96
<i>Atriplex sp</i>	2	0,17	1,51	0,18	14,29	1,82	0,72
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	1	0,06	2,85	0,34	7,14	0,91	0,43
<i>Cercocarpus fothersgilloides</i>	1	0,11	1,34	0,16	7,14	0,91	0,39
<i>Agave scabra</i>	3	0,22	0,15	0,02	7,14	0,91	0,38
<i>Vachellia constricta</i>	1	0,06	0,90	0,11	7,14	0,91	0,36
<i>Rhus pachyrrhachis</i>	1	0,06	0,61	0,07	7,14	0,91	0,35
<i>Berberis trifoliolata</i>	1	0,06	0,36	0,04	7,14	0,91	0,34
<b>Total</b>	<b>1294</b>	<b>100</b>	<b>849,03</b>	<b>100</b>	<b>785,71</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

ambientes semiáridos y prosperan en suelos someros y de baja humedad.

**Frecuencia**

Se destacan tres especies (*J. monosperma*, *P. cembroides* y *M. texana*) con mayor cobertura que suman un 84,90 % del total de la cobertura vegetal. De acuerdo con la frecuencia únicamente *J. monosperma* y *P. cembroides* se registraron en todos los sitios de muestreo (Cuadro 3). Con respecto a la frecuencia relativa de las especies, resaltan: *J. monosperma* y *P. cembroides* (12,73 %), *M. texana* (11,82 %), *B. veronicifolia* (10,91 %) y *Juniperus saltillensis* (M. T. Hall) (10,00 %). *Juniperus spp.*, *Agave spp.*, *B. trifoliolata*, *Rhus spp.*, *Mimosa biuncifera* (Benth.), son especies notables de la naturaleza xérica que se asocian a los bosques de *P. cembroides* [53], [54]. Así mismo, algunas especies de *Juniperus* se desarrollan en el noreste de México, entre las poblaciones de *Quercus* y *Pinus* [55].

**Índice de Valor de Importancia**

En México, los proyectos de restauración en su mayoría (94 %) van dirigidos hacia ecosistemas de clima templado frío, mientras que para las regiones áridas y semiáridas solo se destina un 4 % de la intervención. Esto dificulta el éxito de los programas de reforestación [56].

Además, la calidad, supervivencia y éxito de la reforestación están sujetos a diversas variables, entre las cuales se encuentran el sistema de producción, el tipo de contenedor, así como las condiciones edáficas y climáticas [43]. En la región destinada a la reforestación, las plántulas fueron distribuidas en paquetes de 10 dentro de contenedores de hielo seco. Hay evidencia que sugiere que el empleo de contenedores con mayor volumen beneficia más el crecimiento de las plántulas, ya que favorece el desarrollo del sistema radical y mejora su calidad [57].

Las especies de mayor importancia ecológica fueron *J. monosperma*, *P. cembroides* y *M. texana*

con un IVI de 23,76; 22,22; 12,35 respectivamente (Gráfica 1). Por el contrario, las especies *Atriplex* sp., *Cercocarpus macrophyllus* C.K.Schneid., *Cercocarpus fothersgilloides* Kunth, *Agave scabra* Salm-Dyck, *Vachellia constricta* Benth., *Rhus pachyrrhachis* Hemsl. F.A.Barkley y *Berberis trifoliolata* Moric. presentaron un IVI menor a 1 (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos son el resultado de la regeneración natural de *J. monosperma* y *M. texana* y la plantación de *P. cembroides*. Estos resultados difieren de otros bosques templados en estado sucesional avanzado, como el de [58] en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango donde el valor de importancia para la especie de *P. cembroides* fue mayor de 50 %, en donde se presentan precipitaciones mayores a los 600 mm anuales con una altitud entre los 1800 y 2,100 m y el de López-Hernández et al., [11], donde evaluaron la zona este del estado de Puebla, México, perteneciente la Unidad de Manejo Forestal con clave 2105, encontraron que el género *Pinus* presenta un 85,5 % abarcando las especies de *Pinus montezumae* (var. *Rudis*) Lamb. (42,20 %), *Pinus hartwegii* Lindl. (8,67 %), *Pinus pseudostrobus* Lindl. (3,58), *Pinus rudis* Endl. (1,00 %) y *Pinus greggii* Engelm. (0,89 %) y el menor IVI fue *Juniperus monticola* Martínez 0,54 %, la diferencia se debe a la diferencia en la variedad de climas y que el área evaluada en la presente investigación se vio modificada por factores antropogénicos.

Además, el género *Juniperus* se presenta en suelos profundos o someros, en climas templados o fríos, sobre diferentes condiciones ecológicas [49], [59]. En condiciones de sequía, cuando la humedad no llega a grandes profundidades en el suelo, el género *Pinus* presenta un mayor riesgo de mortalidad en relación con el *Juniperus*, este último se desarrolla mejor en zonas más áridas, ya que cuenta con un follaje escamoso que le permite almacenar el agua de una manera más eficiente [48], [50]. Además, la presencia de especies del género *Juniperus* se relacionan con bosques de coníferas con impacto antropogénico [55], [60]. La especie *P. cembroides* se desarrolla en mejores condiciones en localidades con mayor altitud, superiores a los 2850 a 2880 m s.n.m. con ambientes templados, lo cual está relacionado con la precipitación y la temperatura [61]. El área evaluada en este estudio al presentarse en menor altitud (1950 m s.n.m.) la especie se desarrolla en condiciones menos favorables, lo que explica el desarrollo pobre de crecimiento de los individuos de *P. cembroides* en la plantación. A su vez, Pavek [62], menciona que el desarrollo del *P. cembroides* se ve favorecido bajo condiciones de media sombra y a medida que se desarrolla va en aumento, el factor de media sombra puede ser un parámetro que afecto el crecimiento de la especie en el presente estudio.

Asimismo, considerando que la zona de investigación corresponde a un lugar que previamente se empleaba con fines agrícolas, el suelo experimentó una serie de transformaciones, incluyendo la degradación del mismo. Por otra parte, las plantas del género *Mimosa* son prosperas en ambientes de sequias prolongadas y periódicas, están ampliamente distribuidas en zonas áridas y semiáridas [40], esto es relevante para comprender porque la *Mimosa texana* es una de las especies con mayor IVI.

## Diversidad

La comunidad vegetal estudiada presentó un índice de Margalef de 2,51, indicando un valor de riqueza media. En lo que respecta a la riqueza de especies, el valor del índice de Shannon fue de 2,07 (riqueza media) y el índice de Diversidad Verdadera de Shannon (1D) fue de 7,94. Entre los resultados obtenidos se determinó una riqueza específica de 19 especies.

Valores intermedios a altos de riqueza han sido reportados para otros ecosistemas por [63] con DMg = 1,8 a 5,85 y H' = 1,16 a 2,67 y [64] con valores de DMg = 6,34 y H' = 3,00 en la Sierra Madre Oriental. [65] registraron un valor de DMg = 2,29 y H' de 1,87 en el noreste de México. Para bosques templados, [11] reportaron valores inferiores de DMg = 1,35 y H' = 1,37. Del mismo modo, [66] determinaron un DMg = 0,53 y H' = 1,33, lo que indica que el área de estudio presenta mayor diversidad de especies arbóreas en comparación a ecosistemas similares. Esta diversidad intermedia se debe a que dos terceras partes de las especies presentan una abundancia superior a los 10 individuos, presentando así una proporción de especies más homogénea.

## Conclusiones

Referente al primer objetivo la comunidad vegetal evaluada se caracteriza por la presencia de 1294 individuos por hectárea pertenecientes a 19 especies, 16 géneros agrupados en 13 familias, donde predominan las especies de las familias Pinaceae seguida de la Fabaceae y se destaca la baja presencia de especies de la familia Anacardiaceae y Berberidaceae. La cobertura de copa fue baja, indicando que presenta baja capacidad de regeneración y que aún se está recuperado la comunidad vegetal.

Las especies de mayor importancia ecológica son las regeneradas *J. monosperma* y *M. texana* y la reforestada *P. cembroides* las cuales aportaron el 58,33 % del IVI total. Las dos primeras son especies que se pueden desarrollar en zonas de disturbio y sobre sitios que presenten diferentes condiciones ecológicas. Se

presentó al *P. cembroides* como la segunda especie más importante, esto se debe a que esta especie fue reforestada en el sitio. Sin la plantación la cobertura vegetal sería de 703,74 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que equivaldría a un 7,03 %. De acuerdo a los índices de diversidad utilizados se presentó una diversidad intermedia de especies.

Referente al segundo objetivo, la supervivencia de la plantación de *P. cembroides* fue del 47,6 %, lo que indica que la plantación evaluada está ligeramente debajo del mínimo aceptable del 60 %. Por hectárea se estimó la presencia de 476 individuos vivos. La supervivencia de esta especie se debe a su potencial adaptativo, ya esta especie es utilizada para la reforestación en diferentes zonas (áridas y semiáridas), ya que son resistentes a las bajas precipitaciones.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por la beca otorgada al primer autor para realizar su doctorado. Al Ing. Rodrigo Solís Castro, personal de servicios técnicos del ejido La Tapon de Galeana por permitirnos acceder al sitio y proporcionarnos información del área. A los alumnos de maestría que colaboraron en las actividades de campo. Al técnico de la FCF Guadalupe Pérez Malacara.

## Referencias

[1] J. M. Torres Rojo, R. Moreno Sánchez y M. A. Mendoza Briseño, "Sustainable Forest Management in Mexico," In *Current Forestry Reports*, Springer International Publishing, vol. 2, no. 2, Apr., pp. 93–105, 2016. doi:10.1007/s40725-016-0033-0.

[2] I. Núñez, É. González Gaudiano y A. Barahona, "La biodiversidad: Historia y contexto de un concepto," *Interciencia*, vol. 28, no. 7, Jul., pp. 387-393, 2003.

[3] H. J. Muñoz-Flores, V. M. Coria Avalos, J. J. García Sánchez, E. Velasco Bautista y G. Martínez Molina, "Evaluación de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. con dos espaciamientos," *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 3, no.11, Mar., pp. 57-70, 2019. doi: 10.29298/rmcf.v3i11,517.

[4] B. Calleja Peláez, A. Villegas Villano y B. López López, "Supervivencia y desarrollo de dos especies de *Pinus* en una reforestación de la Región Montaña de Guerrero," *E-CUCBA*, no 19, ene- jun, pp. 90–96, 2022. doi:10.32870/ecucba.vi19,267.

[5] Ó. A. Aguirre-Calderón, "Manejo forestal en el siglo XXI," *Madera Bosques*, vol. 21, No. especial, Nov., pp. 17-28, 2015. doi: 10.21829/myb.2015,210423.

[6] G. Graciano Ávila, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez y J. E. Luján Soto, "Composición, estructura y

diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México," *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, vol. 4, no. 12, Sept., pp. 535-542, 2017. doi: 10.19136/era.a4n12,1114.

- [7] N. Peralta Kulik, L. Pérez de Molas y R. S. M. Amarilla, "Análisis estructural de un bosque de la Ecorregión Alto Paraná, Paraguay," *Investigación Agraria*, vol. 20, no. 2, Dic., pp. 127-135, 2018. doi: 10.18004/investig.agrar.2018.diciembre.127-135 %20.
- [8] J. F. Alvis Gordo, "Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de popayan," *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, vol. 7, no.1, ene- jun, pp. 115-122, 2009.
- [9] P. E. Soler, J. L. Berroterán, J. L. Gil y R. A. Acosta, "Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela," *Agronomía Tropical*, vol. 62, no.1–4, Dic., pp. 25–38, 2012.
- [10] J. Hernández Salas, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, E. J. Treviño-Garza, M. A. González Tagle, C. Luján Álvarez, J. M. Olivas García y L. A. Domínguez Pereda, "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*, vol. 19, no. 2, Agost., pp. 189-199, 2013. doi: 10.5154/r.rchscfa.2012,08,052.
- [11] J. A. López Hernández, Ó. A. Aguirre Calderón, E. Alanís Rodríguez, J. C. Monarrez-Gonzalez, M. A. González Tagle y J. Jiménez-Pérez, "Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México," *Madera Bosques*, vol. 23, no. 1, Mar., pp. 39-51, 2017. doi: 10.21829/myb.2017,2311518.
- [12] J. G. Flores Garnica, A. G. Flores Rodríguez, M. E. Lomelí Zavala, E. Ruiz Guzmán y J. M. García Bernal, "Evaluación de la respuesta de la regeneración natural en áreas bajo diferentes condiciones de impacto por incendios forestales," *Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco*, México. INIFAP-CIRPAC. 2020. [En línea]. Disponible en: [www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx).
- [13] S. M. Godínez, F. A. Rodríguez, N. P. López y J. Camposeco, "Evaluación de la regeneración natural de tres especies coníferas en áreas de distribución natural en el altiplano occidental de Guatemala," *Ciencia, Tecnología y Salud*, vol. 3, no.1, Jun., pp. 5-16, 2016. doi: 10.36829/63cts.v3i1,119.
- [14] C. Martínez Garza, I. Juan Baeza, K. León Carvajal y M. Hernández Hernández, "La regeneración del bosque después de un incendio," *Inventio*, vol. 18, no. 44, Nov., pp. 1-11, 2022. doi: 10.30973/inventio/2022,18,44/9.
- [15] J. C. Ramos Reyes, E. J. Treviño Garza, E. Buendía Rodríguez, O. A. Aguirre Calderón y J. I. López Martínez, "Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales," *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 8, no. 43, Oct., pp. 64-88, 2017. doi: 10.29298/rmcf.v8i43,66.
- [16] E. García, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán,



- D. F., México. 90 p. 2004. [En línea]. Disponible en: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>. [Fecha de acceso: 15 de octubre del 2023].
- [17] INEGI. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León, INEGI, Benito Juárez, D. F., México, 1986. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825220747>. [Fecha de acceso: 20 de octubre del 2023].
- [18] INEGI. Aspectos geográficos, Nuevo León, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/> [Fecha de acceso: 2 de octubre del 2023].
- [19] INEGI. Uso de suelo y vegetación. In Serie VI, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/> [Fecha de acceso: 5 de octubre del 2023].
- [20] B. Arteaga Martínez, "Evaluación dasométrica de plantaciones de cuatro especies de pinos en Ayotxtla, Guerrero," Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, vol. 6, no 2, Feb., pp. 151–157, 2001.
- [21] E. Alanís Rodríguez, A. Mora Olivo y J. S. Marroquín de la Fuente, Muestreo Ecológico de la Vegetación, Monterrey, Nuevo León, México, Editorial Universitaria UANL, 2020.
- [22] J. M. Mata Balderas, K. A. Cavada Prado, T. I. Sarmiento Muñoz y H. González Rodríguez, "Monitoreo de la supervivencia de una reforestación con especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco," Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 13, no. 71, May., pp. 28-52, 2022. doi: 10,29298/rmcf.v13i71,1229.
- [23] SEMARNAT, Manual básico de prácticas de reforestación, Comisión Nacional Forestal - Gobierno Federal de los Estados Unidos Mexicanos. 2010.
- [24] A. W. Kuchler, D. Mueller-Dombois y H. Ellenberg. Aims and Methods of Vegetation Ecology. Geographical Review, vol. 66, no. 1, Jan., pp. 114-116, 1976. doi: 10,2307/213332.
- [25] H. Lamprecht, "Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido," Alemania, GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1990.
- [26] P. Araujo, M. Iturre, H. Acosta y R. Renolfi, "Estructura del bosque de La María EEA INTA Santiago del Estero. Quebracho," Revista de Ciencias Forestales, no. 16, Dic., pp. 15-19, 2008.
- [27] S. D. Matteucci y A. Colma. Metodología para el estudio de la vegetación. Argentina, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 1982.
- [28] J. J. Marroquín Castillo, E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, Ó. A. Aguirre Calderón, J. M. Mata Balderas y A. C. Chávez Costa, "Composición florística y diversidad de un área restaurada post-minería en el matorral espinoso tamaulipeco," Polibotánica, no.42, Agost., pp.1-17, 2016. doi: 10,18387/polibotanica.42,1
- [29] H. Finol Urdaneta, "Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales," Revista Forestal Venezolana (Venezuela), vol. 14, no. 21, pp. 29-42, 1971.
- [30] R. H. Whittaker, "Evolution and measurement of species diversity," Taxon, vol. 21, no. 2–3, May., pp. 231-251, 1972. doi: 10,2307/1218190.
- [31] H. Clifford y W. Stephenson, An Introduction to Numerical Classification, Academia Press, 1975.
- [32] R. Margalef, "Information theory in ecology," General systems. 3: 36-71, 1958.
- [33] E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, A. Mora Olivo, J. G. Martínez Ávalos, J. M. Mata Balderas, A. C. Chávez Costa y E. A. Rubio Camacho, "Structure and diversity of the piedmont scrub adjacent to the metropolitan area of Monterrey, Nuevo León, México," Acta Botánica Mexicana, no. 113, oct., pp. 1- 19, 2015. doi: 10,21829/abm113,2015,1093.
- [34] C. E. Shannon y W. Weaver, "The mathematical theory of communication", The Bell System Technical Journal, Vol. 27, Jul-Oct., pp. 379-423, 1948.
- [35] V. Ramos Castillo. Análisis de las comunidades vegetales del rancho experimental teseachi, zona de transición entre el bosque templado y el pastizal en el noroeste de Chihuahua, México. Chihuahua, México. M. S. Tesis, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México, 2022.
- [36] E. Estrada Castillón, C. Yen Méndez, A. Delgado Salinas y J. Villarreal-Quintanilla, J, "Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. Anales Del Instituto de Biología," Serie Botánica, vol. 75, no.1, ene- jun, pp. 73-85, 2004.
- [37] Ó. A. Aguirre-Calderón, E. A. Flores Morales, E. J. Treviño Garza, M. A. González Tagle, E. Alanís Rodríguez, G. Ángeles Pérez y F. Huizar Amezcua, "Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México," Polibotánica, Núm.54, Jul., pp.11-26, 2022. doi: 10,18387/polibotanica.54,2.
- [38] G. Eilu y J. Obua, "Tree condition and natural regeneration in disturbed sites of Bwindi Impenetrable Forest National Park, southwestern Uganda," Tropical Ecology, vol. 4, no.1, Nov., pp. 99–111, 2005.
- [39] S. L. Camargo Ricalde, N. M. Montañó, I. Reyes Jaramillo, C. Jiménez González y S. S. Dhillion, "Effect of mycorrhizae on seedlings of six endemic Mimosa L. species (Leguminosae-Mimosoideae) from the semi-arid Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico," Trees - Structure and Function, vol. 24 no. 1, Sept., pp. 67-78, 2010. doi: 10,1007/s00468-009-0379-z.
- [40] M. S. Orozco Almanza, L. P. De León García, R. Grether y E. García Moya, "Germination of four species of the genus Mimosa (leguminosae) in a semi-arid zone of central Mexico," Journal of Arid Environments, vol. 55, no.1, Sept., pp. 75-92, 2003. doi: 10,1016/S0140-1963(02)00265-3.
- [41] N. R. Pavón, J. Ballato Santos y C. Pérez Pérez, "Germinación y establecimiento de Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera (Fabaceae-Mimosoideae)," Revista Mexicana de Biodiversidad, vol. 82, no. 2, jun., pp.653-661, 2011. doi: 10,22201/ib.20078706e.2011,2,461

- [42] E. J. Atondo Bueno, M. Bonilla Moheno y F. López Barrera, "Cost-efficiency analysis of seedling introduction vs. direct seeding of *Oreomunnea mexicana* for secondary forest enrichment," *Forest Ecology and Management*, vol. 409, Feb., pp. 399-406, 2018. doi: 10.1016/j.foreco.2017.11.028.
- [43] S. Escobar Alonso y D. Rodríguez Trejo, "Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México," *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol.10, no. 55, Sept., pp. 4-38, 2019. doi: 10.29298/rmcf.v10i55.558.
- [44] A. C. Barrera Coy, D. Constanza Gómez y F. A. Castiblanco, "Importancia medicinal del género *Croton* (euphorbiaceae)," *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 21, no. 2, pp. 234-247, 2016.
- [45] J. A. Prieto Ruiz y J. R. Goche Télles, *Las reforestaciones en México, problemática y alternativas de solución*, Durango, Editorial de la Universidad Juárez, 2016.
- [46] I. Vásquez-García, V. M. Cetina-Alcalá, R. Campos Bolaños y L. F. Casal Ángeles, "Evaluación de plantaciones forestales en tres comunidades de la Mixteca alta Oaxaqueña," *Agro Productividad*, vol. 9, no. 2, Feb., pp.12-19, 2016.
- [47] R. J. Torres y T. O. Magaña. *Evaluación de plantaciones forestales*. Ciudad de México, Editorial Limusa, 2001.
- [48] N. Marcus, S. Woods, S. Simmons, N. Jester, D. Wand, M. Wiedeman y C. K. Morey. *Piñon-Juniper Ecology*. 2011. [En línea]. Disponible en: [www.coloradoforests.co](http://www.coloradoforests.co). [Fecha de acceso: 30 de octubre del 2023].
- [49] L. A. Castro-López, "Distribución potencial de los géneros *Picea* y *Juniperus* en México durante el último máximo glacial". M. S tesis, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México, 2020.
- [50] S. N. Martens, D. D. Breshears y F. J. Barnes, "Development of species dominance along an elevational gradient: Population dynamics of *Pinus edulis* and *Juniperus monosperma*," *International Journal of Plant Sciences*, vol. 162, no. 4, Jul., pp. 777-783, 2001. doi: 10.1086/320772.
- [51] A. A. Lecona-Urrutia. *Ecología y medio ambiente*. México, D. F., McGraw-Hill Interamericana, 2000. [En línea]. Disponible en: [https://books.google.co.cr/books/about/Ecolog%C3%ADa\\_y\\_medio\\_ambiente.html?id=1JQlnQAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.cr/books/about/Ecolog%C3%ADa_y_medio_ambiente.html?id=1JQlnQAACAAJ&redir_esc=y)
- [52] C. G. Velazco Macías, G. J. Alanís Flores, M. A. Alvarado Vázquez, L. R. Freire y R. F. Pournavab, "Flora endémica de Nuevo León, México y estados colindantes," *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, vol.5, no.1, Agost., pp.275–298, 2011.
- [53] S. González Elizondo, M. González Elizondo y A. Cortes Ortiz, "Vegetación de la reserva de la biosfera La Michilia, Durango, México," *Acta Botánica Mexicana*, no. 22, Apr., pp. 1-104, 1993. doi: 10.21829/abm<sup>2</sup>,1993,668.
- [54] J. Marroquín, "Vegetación y florística del Noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila", *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol 37. pp. 69–102, 1976.
- [55] E. A. Estrada-Castillón, J. A. Villarreal Quintanilla, M. M. Salinas Rodríguez, C. M. Cantú Ayala, H. González Rodríguez y J. Jiménez Pérez. *Coníferas de Nuevo León, México*. Nuevo León, México, Editorial de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 2014. ISBN:978-607-27-0348-3.
- [56] Á. M. Reyna González. *Restauración de áreas dañadas por el descortezador del pino (*Dendroctonus mexicanus* Hopkins) en el ejido Joyas y Anteojitos en Aramberri, Nuevo León, México*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. 2021.
- [57] Prieto-Ruiz, J. Á., P. A. Domínguez-Calleros, E. H. Cornejo-Oviedo y J. D. Návar-Cháidez. "Efecto del envase y del riego en vivero en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio", *Madera bosques*, Vol. 13, No.1, Agost., pp.79-97. 2007. Doi: 10.21829/myb.2007,1311237.
- [58] L. M. Valenzuela Núñez y D. Granados Sánchez, "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*, vol.15, no.1, Ene-Jun., pp. 29-42, 2009.
- [59] D. A. Rodríguez Trejo. *Semillas de Especies Forestales*. Chapingo, Edición de División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. 2021.
- [60] P. V. Wells, "Scarp woodlands, transported grassland soils, and concept of grassland climate in the great plains region," *Science*, vol. 148, no. 3667, Apr., pp. 246-249, 1965. doi: 10.1126/science.148,3667,246.
- [61] A. Romero Manzanares, J. L. Flores Flores, M. Luna Cavazos y E. García Moya, "Effect of slope and aspect on the associated flora of pinyon pines in central Mexico," *Southwestern Naturalist*, vol.57, no.4, Dec., pp. 452-456, 2012. doi: 10.1894/0038-4909-57,4,452.
- [62] S. Pavek, Diane. *Pinus cembroides*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). 1994.
- [63] M. González Delgado, R. Foroughbakhch Pournavab, L. Rocha Domínguez, M. A. Guzmán Lucio y H. González Rodríguez, "Composición florística y caracterización estructural del matorral desértico micrófilo en Galeana, Nuevo León," *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 8, no. 39, Sept., pp. 83-98, 2017. doi: 10.29298/rmcf.v8i39,45.
- [64] P. Canizales Velázquez, E. Alanís Rodríguez, R. Aranda Ramos, J. M. Mata Balderas, J. Jiménez Pérez, G. Alanís Flores, J. I. Uvalle Saucedo y M. G. Ruiz Bautista, "Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra madre oriental, Nuevo León, México," *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, vol. 15, no. 2, Jul-Dic., pp. 115–120, 2009.
- [65] C. A. Mora Donjuán, E. A. Rubio Camacho, E. Alanís Rodríguez, J. Jiménez Pérez, M. A. González Tagle, J. M. Mata Balderas y A. Mora Olivo, "Composición y diversidad vegetal de un área de matorral desértico micrófilo con historial pecuario en el noreste de México," *Polibotánica*, no. 38, Agost., pp. 53-66, 2014.
- [66] J. Navar-Chaidez y S. González Elizondo, "Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México," *Polibotánica*, no. 27, Abr., pp. 71–87, 2009.