



**Características estructurales y demográficas de *Juniperus deppeana* Steud. en dos localidades del estado de Tlaxcala**  
**Structural and demographic characteristics of *Juniperus deppeana* Steud. in two locations in Tlaxcala State**

Laura Gabriela Herrerías Mier<sup>1\*</sup> y Ma. Cecilia del Carmen Nieto de Pascual Pola<sup>2</sup>

**Abstract**

*Juniperus deppeana* is a drought and fire tolerant species, able to grow under adverse soil conditions, and is therefore considered a potentially useful species for soil conservation. However, in Mexico, studies in this species are scarce, since it is not economically relevant for the forest industry. In Tlaxcala State there are abundant populations of this genus, so two localities, El Pardo (EP) and Acopinalco del Peñón (RAP), were chosen to analyze the structural and demographic characteristics of *J. deppeana* individuals, as well as to determine the influence of some abiotic factors. The Student's t-tests indicated significant mean values in height, maximum diameter, minimum diameter and crown cover. No significant relationship was found between the mensuration variables and the orientation or slope of the plots. The relationship between DBH and the crown cover was significant. The survival curve for both localities had a type III pattern. Statistical analysis indicates that size structure differs between sampling sites. Furthermore, the behavior of *J. deppeana* populations shows a high loss of young individuals, which threatens its natural regeneration. Although individuals from the site with forest management have more favorable dasometric characteristics, further long-term studies are required, under a more comprehensive approach, to determine the prospects for the conservation of this species.

**Key words:** Angular-linear correlation analysis, mensuration data, forest management, Silvicultural Development Method, Tlaxco Method, static life tables.

**Resumen**

*Juniperus deppeana* es una especie tolerante a la sequía y al fuego, capaz de desarrollarse en suelos con condiciones adversas, razón por la cual se le considera una especie con potencial para la conservación de suelos. Sin embargo, en México ha sido poco estudiada, ya que no tiene un valor relevante en la industria forestal. En el estado de Tlaxcala existen poblaciones abundantes de este género, por lo que se seleccionaron las localidades El Pardo (EP) y Acopinalco del Peñón (RAP) para analizar las características estructurales y demográficas de los individuos presentes de *J. deppeana*; así como determinar la influencia de algunos factores abióticos. Los análisis de *t* de Student indicaron valores promedio significativos en la altura, diámetro mayor, diámetro menor y en la cobertura. No se obtuvo relación significativa entre las variables dasométricas con la pendiente y la orientación de las parcelas de muestreo. La relación del DAP con la cobertura fue significativa. La curva de supervivencia para ambas localidades presentó un patrón tipo III. Los análisis estadísticos confirmaron que la estructura de tamaños difiere entre los sitios de muestreo. Se deduce que el comportamiento poblacional de *J. deppeana* acusa una pérdida alta de individuos jóvenes, lo que supone un riesgo para su regeneración natural. Por otro lado, aunque los ejemplares en el predio sujeto a manejo forestal reúnen características dasométricas más favorables, se requiere de estudios a largo plazo bajo un enfoque más integral, a fin de determinar las posibilidades de conservación de esta especie.

**Palabras clave:** Análisis de correlación lineal angular, datos dasométricos, manejo forestal, Método de Desarrollo Silvícola, Método Tlaxco, tablas de vida estáticas.

Fecha de recepción/Reception date: 28 de junio de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de mayo de 2020

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento en Ecosistemas Forestales. INIFAP. México

<sup>2</sup>Ex-investigadora del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento en Ecosistemas Forestales. INIFAP. México

\*Autor por correspondencia; correo-e: lauherrerias.mier@gmail.com

## Introducción

*Juniperus* es el segundo género de coníferas más diverso en el mundo después de *Pinus*, ya que reúne 67 taxones, 28 variedades y siete formas (Farjon, 2005). En México, se conocen 16 especies, de las cuales *Juniperus deppeana* Steud. y *Juniperus flaccida* Schldtl. son las de distribución más extensa (Farjon, 2005).

*Juniperus* tiene dos centros de origen, el sureste de Estados Unidos de América, donde se desarrolla profusamente; y el noreste de México, zona en la que crece un gran número de especies, tanto en regiones semidesérticas como en áreas montañosas (Martínez, 1963; Rzedowski, 1988; Adams, 2004). También, habita en latitudes altas del hemisferio Boreal y el continente Euroasiático, en un clima de templado a frío (Farjon, 2005). En México, los individuos del género colonizan lugares muy degradados y forman parte de la vegetación secundaria; son de aparición temprana y su permanencia se asocia a disturbios originados por actividades humanas (Ern, 1973; Rzedowski, 1988).

Su madera se aprovecha para la elaboración de muebles, artesanías (Gutiérrez, 1981); y por su resistencia a la pudrición (German, 2006) se usa en la manufactura de ventanas y postes (Batis *et al.*, 1999). Asimismo, tiene usos medicinales, ornamentales y religiosos (Troseau y Pidoux, 1842; Martínez, 1969; Barger y Ffolliott, 1972; Conafor, 2007).

En general, las poblaciones de juníperos ocupan cerca de 0.15 % del territorio nacional, y se distribuyen desde Baja California y Tamaulipas hasta Chiapas (Adams, 2004); en las zonas de transición entre los bosques de *Quercus*, *Pinus* y *Abies*, así como del pastizal y el matorral xerófilo (Vázquez *et al.*, 2002).

Rzedowski (1988) señala que *J. deppeana* Steud. es un taxón que forma bosquetes en diferentes partes de México; por ejemplo, en la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Transversal; asimismo, existe una franja entre Perote, Veracruz y Apizaco, Tlaxcala que cubre importantes extensiones. De hecho, en esta última entidad, *J. deppeana* está presente en asociación con *Agave atrovirens* Karw. ex

Salm-Dyck, *Quercus* spp., *Arbutus glandulosa* M. Martens & Galeotti; y ocasionalmente, crece en pastizales (SAG, 1975).

Por lo que se refiere al estado de conocimiento de *J. deppeana* se tienen consignados algunos estudios referentes a plagas y enfermedades (González, 1980; Cibrián *et al.*, 1995; Trinidad, 1999; Martínez *et al.*, 2007); producción de planta (Trinidad, 1999; Salazar, 2001), y solo uno de índice de sitio (manejo forestal) (Rodríguez *et al.*, 2015), lo cual se explica a una preferencia por las especies maderables de valor comercial (Bray y Merino, 2004); aun cuando este taxón tiene características atractivas para su incorporación en proyectos de restauración y reforestación para la conservación de suelos y control de la erosión (Vázquez *et al.*, 2002; FAO-Conafor, 2012), como las que se citan a continuación: tolerante a la sequía y al fuego; se desarrolla en suelos compactos, pedregosos, pobres o alcalinos (Conafor, 2007). Sin embargo, es necesario poner énfasis en su estudio para manejar sus poblaciones de manera sustentable, y con ello contribuir a la conservación de la biodiversidad, así como de las funciones ecológicas, económicas y sociales en sus áreas de distribución (Aguirre-Calderón, 2015).

Por lo que bajo ese contexto, se plantearon los siguientes objetivos: determinar si hay diferencias de las características estructurales y demográficas de *J. deppeana* en dos predios de Tlaxcala (El Pardo y Acopinalco del Peñón); así como la influencia de la pendiente y la orientación, respecto a algunos parámetros dasométricos.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El Pardo (EP) y Rancho Acopinalco del Peñón (RAP) se localizan en la parte norte del estado de Tlaxcala, en el municipio Tlaxco, el cual se ubica entre los 19°36' y 19°44' N y los 97°57' y 98°23' O, en un intervalo altitudinal de 2 540 - 3 500 m, con una extensión de 575. 57 km<sup>2</sup>. Dicho municipio corresponde a 14.4 % del territorio estatal (INEGI, 2009); presenta un clima C(W<sub>2</sub>)(w), templado subhúmedo, con régimen de

lluvias entre junio y septiembre, precipitación promedio de 600 a 900 mm; mientras que la promedio máxima es de 122.5 mm y la promedio mínima de 7.6 mm (Inafed, 2010); con una temperatura promedio de 10 a 14 °C (INEGI, 2009). Los suelos dominantes son Feozem (66 %), Andosol (28 %), Vertisol (2 %) y Durisol (1 %) (INEGI, 2009).

En el Pardo, el bosque de *Pinus* spp. está sujeto a manejo forestal (MF), mediante el Método Tlaxco, que incluye cortas a matarrasa y reforestación, con una edad de turno de 54 años. Los taxa arbóreos identificados son *Arbutus* sp., *Juniperus flaccida*, *Buddleja cordata* Kunth, *Quercus rugosa* Née, *Pinus rudis* Endl., *Pinus teocote* Schiede. ex Schltdl. & Cham. Respecto a *J. deppeana*, no es un taxón de interés económico por su escasez y la dureza de su madera; sin embargo, al desarrollarse cerca del nacimiento del río Zahuapan funciona como especie protectora del suelo.

El bosque de RAP tiene más de 10 años sin manejo forestal; aunque de 1992 a 2001 fue gestionado con el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), que incluía el tratamiento de árboles Padre, además en 1998 ocurrió un incendio que afectó el área boscosa. Las coníferas presentes son *Pinus rudis*, *P. patula* Schiede. ex Schltdl. & Cham., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. teocote*, *Agave* sp. y *Opuntia* sp., así como *Phoradendron* sp. en algunos árboles. Se practica el pastoreo de ganado y la madera de *J. deppeana* se usa como leña y ocasionalmente para fabricar muebles.

Para el análisis de EP se trabajó con mediciones realizadas en 16 parcelas con presencia de *J. deppena*, cuyas dimensiones fueron de 33 × 33 m (1 089 m<sup>2</sup>); mientras que para el del RAP el muestreo se llevó a cabo en tres parcelas con superficie similar a las ubicadas en EP (Cuadro 1); para ello se hizo la marcación del árbol central con una brújula *Silva Polaris* y con una cinta métrica *Truper*<sup>®</sup> de 100 m se midió 16.5 m hacia cada punto cardinal, los que se marcaron con cinta de abanderamiento fosforescente *Sunglo Hi-Viz Ben Meadows* (Zamora-Martínez *et al.*, 2007).

**Cuadro 1.** Coordenadas UTM, altitud y pendiente de las unidades de muestreo seleccionadas en los predios estudiados.

Predio	Parcela	Coordenadas UTM		Altitud (m)	Exposición	Pendiente (%)
		X	Y			
El Pardo	1	594400	2169741	2 683	Norte	35
	2	594506	2169494	2 780	Norte	39
	3	594494	2169600	2 775	Norte	52
	4	594494	2169741	2 672	Noroeste	30
	5	594600	2169400	2 780	Norte	30
	6	594600	2169494	2 731	Noreste	33
	7	594600	2169600	2 685	Norte	25
	8	594600	2169741	2 680	Norte	25
	9	595000	2169200	2 760	Noreste	12
	10	595000	2169294	2 740	Norte	15
	11	595106	2169200	2 680	Este	10
	12	595106	21699294	2 680	Oeste	10
	13	595200	2169106	2 700	Norte	15
	14	595200	2169294	2 740	Oeste	10
	15	595294	2169200	2 700	Este	25
	16	595200	2169200	2 780	Este	20
Rancho Acopinalco del Peñón	17	589210	2172730	2 751	Sureste	5
	18	589079	2172959	2 757	Sureste	20
	19	589064	2172844	2 741	Sureste	15.5

### Evaluación dasométrica

Se incluyó a todos los árboles en pie  $> 7.5$  cm de diámetro normal (DN) y se midió la altura total (m) con Pistola *HAGA*<sup>®</sup>; el DAP (cm) con una cinta diamétrica *Ben Meadows*<sup>®</sup> de 20 m/320 cm de 16 mm; y la cobertura de copa (CC) (m<sup>2</sup>), con una cinta métrica *Truper*<sup>®</sup> de 15 m, la cual se determinó a partir del promedio de los diámetros mayor y menor (diámetro promedio de la copa (DPC)) para después calcular el radio y sustituirlo en la fórmula  $CC = \pi \left(\frac{DPC}{2}\right)^2$  (Ugalde, 1981). Además, se calculó el área basal (cm<sup>2</sup>), la densidad promedio, el porcentaje de área basal y la cobertura de copa por parcela. Se hizo una prueba de *t* de *Student*, para lo cual se igualó el tamaño de muestra de manera aleatoria (n= 135) de El Pardo con Rancho Acopinalco del Peñón, con el programa *Excel* ver. 2010 para determinar si hay diferencias significativas entre los valores promedio de las variables de estudio y entre los individuos de ambos sitios (Zar, 2010).

## Tablas de vida estática y estructura de tamaños

Se hicieron tablas de vida estática para determinar algunos parámetros demográficos poblacionales y las curvas de supervivencia (Carabias *et al.*, 2009) se construyeron a partir de los intervalos del DAP (Gurevitch *et al.*, 2006).

Se aplicó un análisis de  $X^2$  a las estructuras de tamaño de las poblaciones de *J. deppeana* en los predios de interés para evaluar las distribuciones de frecuencia entre los predios. Los datos esperados se calcularon con una tabla de contingencia (Siegel y Castellan, 2009):

$$e_{ij} = \frac{R_i C_j}{N}$$

Donde:

$e_{ij}$  = Dato esperado del renglón  $i$  y la columna  $j$

$R_i$  = Suma de las frecuencias del renglón  $i$

$C_j$  = Suma de las frecuencias de la columna  $j$

$N$  = Observaciones totales

Se hizo una prueba de residuos estandarizados para la tabla de contingencia; y así, se determinó si las frecuencias observadas fueron significativamente mayores o menores a las esperadas (Siegel y Castellan, 2009):

$$R = \frac{o - e}{\sqrt{e}} \sqrt{\frac{N - C_j}{N - R_i}}$$

Cabe destacar que para un mejor manejo de la información se modificaron las categorías de tamaño usadas en las tablas de vida, ya que a partir del intervalo dimétrico 22.91-30.6 cm no se encontraron individuos.

## **Relación entre los parámetros dasométricos con la pendiente y la orientación**

Para conocer la relación entre densidad, altura, cobertura y DAP con la pendiente y la orientación de las parcelas se hizo un análisis de correlación lineal angular, que permite analizar los datos angulares con una variable lineal (Zar, 2010). Los datos de la orientación se transformaron a radianes: N = 90°; NE = 45°; NO = 135°; O = 180°; S = 270°; SE = 315°; SO = 225° y E = 360°. La fórmula general fue:

$$r_{al} = \sqrt{\frac{r^2XC + r^2XS - 2rXC rXS rCS}{1 - r^2CS}}$$

Donde:

$r_{al}$  = Coeficiente de correlación lineal-angular

$r_{XC}$  = Correlación entre la variable lineal y el coseno de la variable angular

$r_{XS}$  = Correlación entre la variable lineal y el seno de la variable angular

$r_{CS}$  = Correlación entre el coseno y el seno de la variable angular

La significancia del coeficiente de correlación se evaluó mediante la comparación de  $r^2_{al}$  con  $X^2_{g,l=2}$  (Zar, 2010).

Se calculó una correlación entre la densidad, y las variables dasométricas: altura, DAP y la cobertura mediante el paquete *STATISTICA* ver. 8 y *Excel* ver. 2010.

## Resultados

### Evaluación dasométrica

El área basal total de todas las parcelas medidas fue mayor en RAP que en EP; la cobertura total fue relativamente inferior en RAP (Cuadro 2). La mayoría de los valores promedio de los parámetros medidos (altura, DAP, área basal, % de área basal por parcela, cobertura, % de cobertura por parcela) fueron superiores en EP; aunque, en general, se observó una escasa presencia de juníferos en ambos predios (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Datos dasométricos de los predios El Pardo y Rancho Acopinalco del Peñón, municipio Tlaxco, Tlaxcala.

Parámetro	El Pardo	Rancho Acopinalco del Peñón
Número de parcelas registradas	16	3
Número de árboles registrados	250	135
Área basal de los troncos en el área total	3.07 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	6.91 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>
Cobertura de las copas en el área de total	1 700 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	1 600 m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>

**Cuadro 3.** Valores promedio ( $\pm$  e.e.) de los parámetros dasométricos del arbolado en los predios estudiados.

Parámetro dasométrico	Sitio	
	El Pardo	Rancho Acopinalco del Peñón
Altura (m)	6.05 ( $\pm$ 0.10)	4.96 ( $\pm$ 0.11)
DAP (cm)	14.45 ( $\pm$ 0.10)	13.25 ( $\pm$ 0.11)
Área basal (cm <sup>2</sup> )	213.98 ( $\pm$ 22.29)	167.11 ( $\pm$ 17.77)
Porcentaje de área basal por parcela	0.0020 ( $\pm$ 0.0002)	0.0015 ( $\pm$ 0.0002)
Cobertura de la copa (m <sup>2</sup> )	12.15 ( $\pm$ 0.82)	3.76 ( $\pm$ 0.26)
Porcentaje de cobertura de copa por parcela	1.12 ( $\pm$ 0.08)	0.35 ( $\pm$ 0.009)

Los análisis de *t* de *Student* de los 135 individuos seleccionados al azar revelaron que en EP se verifican los promedios significativamente mayores en altura y cobertura de copa,



con respecto a los de RAP. Sin embargo, no resultaron diferencias significativas en el DAP y el área basal promedio de los individuos de cada sitio (cuadros 4 y 5).

**Cuadro 4.** Valores promedio ( $\pm$  e.e.) utilizados en los análisis estadísticos de cada sitio muestreado.

Predio	Altura (m)	DAP (cm)	Área basal			Cobertura de copa		
			P (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	%	P (m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	%
El Pardo	6.03a ( $\pm 0.15$ )	14.06a ( $\pm 0.53$ )	183.52a ( $\pm 16.93$ )	24 774.53	0.17 ( $\pm 0.02$ )	11.51a ( $\pm 0.71$ )	1 553.79	1.06 ( $\pm 0.07$ )
Rancho Acopinalco del Peñón	4.96b ( $\pm 0.11$ )	13.25a ( $\pm 0.11$ )	167.11a ( $\pm 17.77$ )	22 560.47	0.0015 ( $\pm 0.0002$ )	3.76b ( $\pm 0.26$ )	508.24	0.35 ( $\pm 0.009$ )

P = Promedio; A = Acumulado. Letras diferentes denotan valores significativos.

**Cuadro 5.** Resultados de las pruebas de *t* de Student que comparan los parámetros dasométricos de los árboles medidos.

Parámetro dasométrico	<i>t</i>	g.l.	<i>P</i>
Altura	5.65	268	< 0.001
DAP	1.08	268	0.27
Área basal	0.66	268	0.50
Cobertura de copa	9.32	268	< 0.001

### Tablas de vida estáticas

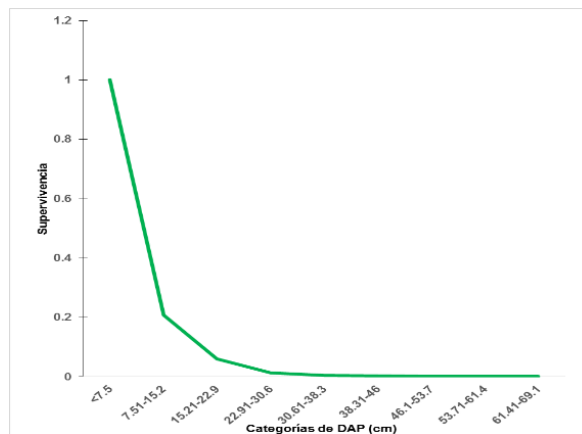
En la tabla de vida estática conjunta (datos de ambos predios) se observó que al analizar la tasa de mortalidad, la mayor supervivencia se presentó en la categoría 8 (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Tabla de vida estática de los dos predios estudiados.

Categoría	Intervalo de categoría DAP (cm)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$k_x$	$e_x$
1	<7.5	1 303	1	0.7920	0.79	0.68	0.792
2	7.51-15.2	271	0.2080	0.1481	0.71	0.54	0.905
3	15.21-22.9	78	0.0599	0.0468	0.78	0.66	0.910
4	22.91-30.6	17	0.0130	0.0077	0.59	0.38	1.382
5	30.61-38.3	7	0.0054	0.0023	0.43	0.25	1.642
6	38.31-46	4	0.0031	0.0015	0.50	0.3	1.5
7	46.1-53.7	2	0.0015	0.0008	0.50	0.3	1.5
8	53.71-61.4	1	0.0008	0	0	-	1.5
9	61.41-69.1	1	0.0008	0.0008	1	-	0.5

$n_x$  = Número de individuos;  $l_x$  = Tasa de supervivencia;  $d_x$  = Proporción de organismos muertos entre los intervalos  $x$  y  $x+1$ ;  $q_x$  = Tasa de mortalidad);  $k_x$  = Intensidad de mortalidad;  $e_x$  = Esperanza de vida.

La tasa de mortalidad más alta se registró en la categoría 1 (< 7.5 cm) con 79 % de decesos, y le sigue la 3 (15.21 a 22.9 cm). Los individuos pertenecientes al intervalo de 30.61 a 38.3 cm tuvieron el valor más alto de esperanza de vida; mientras que el más bajo correspondió a la categoría 9 (61.41 a 69.1 cm) (Cuadro 6). La curva de supervivencia fue de tipo III, en la que la trayectoria baja súbitamente en las etapas juveniles y se estabiliza en las categorías más longevas (Figura 1).



**Figura 1.** Curva de supervivencia de *Juniperus deppeana* Steud. en los dos predios estudiados.

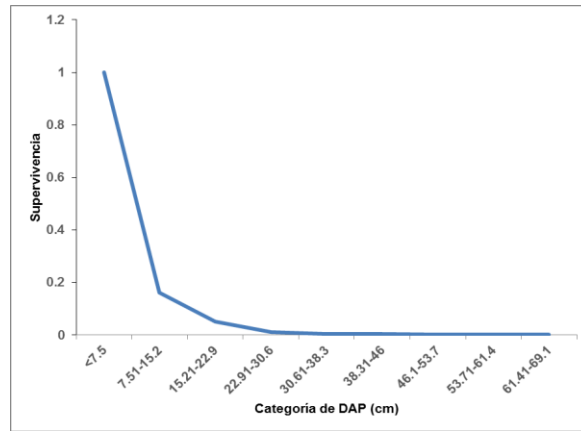
En la tabla de vida estática de EP, la mortalidad más severa (84 %) se registró en ejemplares con diámetros < a 7.5 cm, pues solo 16.1 % de los individuos pasaron a la siguiente categoría; y en la categoría 3, 80 % (Cuadro 7); por lo que, la mayor supervivencia se presentó en los individuos de las categorías 5, 7 y 8. La esperanza de vida más alta correspondió a la categoría 7 (Cuadro 7; Figura 2).

**Cuadro 7.** Tabla de vida estática del predio El Pardo.

Categoría	Intervalo de categoría DAP (cm)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$k_x$	$e_x$
1	< 7.5	1 057	1	0.8382	0.84	0.792	0.734
2	7.51-15.2	171	0.1618	0.1097	0.68	0.492	0.950
3	15.21-22.9	55	0.0520	0.0416	0.80	0.7	0.9
4	22.91-30.6	11	0.0104	0.0066	0.64	0.44	1.5
5	30.61-38.3	4	0.0038	0.0000	0	0	2.25
6	38.31-46	4	0.0038	0.0028	0.75	0.6	1.25
7	46.1-53.7	1	0.0009	0	0	-	2.5
8	53.71-61.4	1	0.0009	0	0	-	1.5
9	61.41-69.1	1	0.0009	0.0009	1	-	0.5

$n_x$  = Número de individuos;  $l_x$  = Tasa de supervivencia;  $d_x$  = Proporción de organismos muertos entre los intervalos  $x$  y  $x+1$ ;  $q_x$  = Tasa de mortalidad);  
 $k_x$  = Intensidad de mortalidad;  $e_x$  = Esperanza de vida.





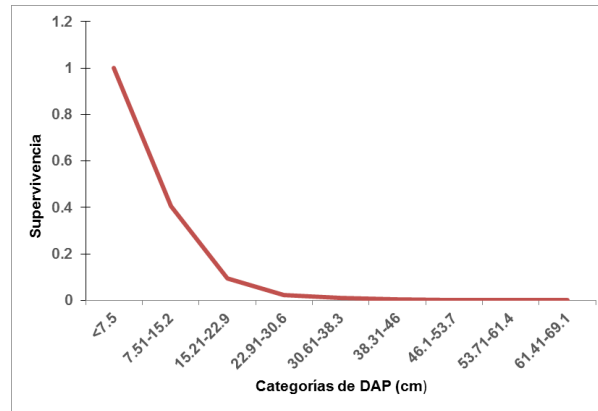
**Figura 2.** Curva de supervivencia de *Juniperus deppeana* Steud. en el predio El Pardo, municipio Tlaxco, Tlaxcala.

En RAP la mortalidad más alta se presentó en las categorías 2 (77 %) y 3 (73.9) %; mientras que, la esperanza de vida fue mayor en la categoría 4. La curva también fue de tipo III, en la que se advierte que varios de los juníperos en etapas juveniles declinaron, y que no hay individuos en las categorías de tamaño más grande (Figura 3).

**Cuadro 8.** Tabla de vida estática del predio Rancho Acopinalco del Peñón, municipio Tlaxco, Tlaxcala.

Categoría	Intervalo de categoría DAP (cm)	$n_x$	$l_x$	$d_x$	$q_x$	$k_x$	$e_x$
1	<7.5	246	1	0.5935	0.5935	1.03	1.040
2	7.51-15.2	100	0.4065	0.3130	0.7700	1.222	0.83
3	15.21-22.9	23	0.0935	0.0691	0.7391	0.883	0.934
4	22.91-30.6	6	0.0244	0.0122	0.5000	0.778	1.166
5	30.61-38.3	3	0.0122	0.0081	0.6667	0.477	0.833
6	38.31-46	1	0.0041	0.0041	1	-	0.5
7	46.1-53.7	0	-	-	-	-	-
8	53.71-61.4	0	-	-	-	-	-
9	61.41-69.1	0	-	-	-	-	-

$n_x$  = Número de individuos;  $l_x$  = Tasa de supervivencia;  $d_x$  = Proporción de organismos muertos entre los intervalos  $x$  y  $x+1$ ;  $q_x$  = Tasa de mortalidad);  $k_x$  = Intensidad de mortalidad;  $e_x$  = Esperanza de vida.



**Figura 3.** Curva de supervivencia del predio Rancho Acopinalco del Peñón.

### **Estructura de tamaños de los predios**

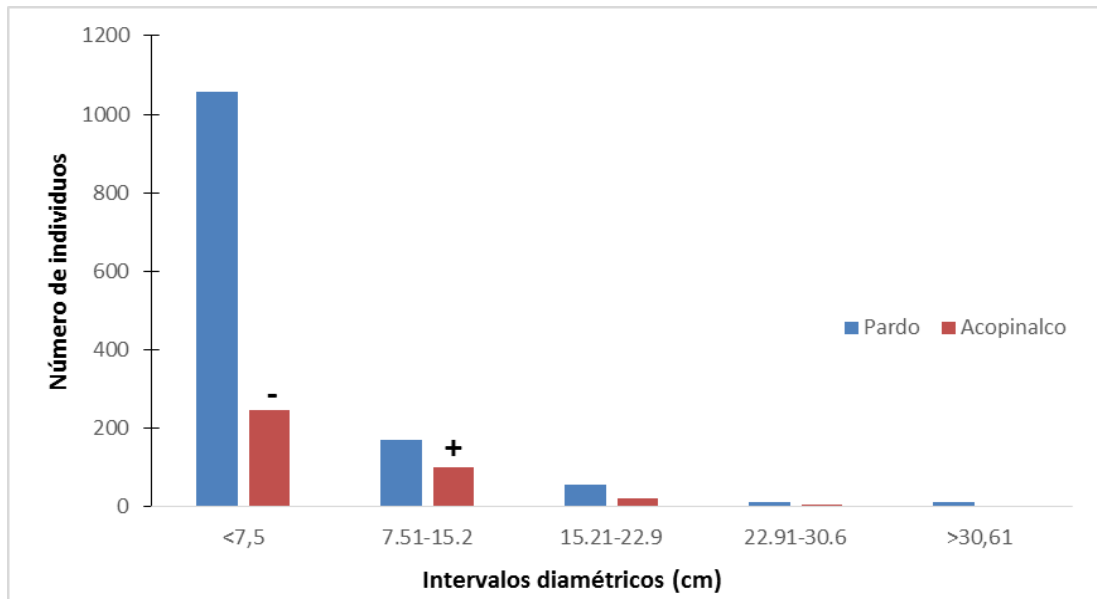
Los análisis estadísticos indican que la estructura de tamaño difirió entre los sitios de muestreo ( $\chi^2 = 45.94$ , g.l. = 4,  $P < 0.001$ ). La prueba de residuos estandarizados mostró diferencias significativas en las frecuencias de las primeras categorías diamétricas de RAP (Cuadro 9); *i.e.*, se identificó un número menor de individuos con un diámetro < a 7.5 cm de los que se espera por azar. Lo contrario se observó en los juníperos del intervalo diamétrico de 7.51 a 13.4 cm, los cuales fueron más de los esperados (Figura 4).



**Cuadro 9.** Resultados de la prueba de residuos estandarizados al comparar las estructuras de tamaños de los predios estudiados.

Intervalo diamétrico (cm)	Predio	
	El Pardo	Rancho Acopinalco del Peñón
< 7.5	1.48	-5.11*
7.51-13.4	-1.39	4.80*
13.41-19.3	-0.34	1.17
19.31-25.2	-0.29	0.98
> 25.21	-0.09	0.30

\* = Resultados significativos ( $P < 0.05$ ).



(+) = Se encontraron más individuos de los esperados por azar

(-) = Se encontraron menos juníperos de los esperados por azar.

**Figura 4.** Estructura de tamaños de las poblaciones de *Juniperus deppena* Steud. de los de los dos predios estudiados.

## Relación entre los parámetros dasométricos con la pendiente y orientación

No se identificó ninguna relación significativa entre las variables dasométricas con la pendiente y la orientación de las parcelas (Cuadro 10). Asimismo, tampoco existió relación de estas variables con la densidad.

**Cuadro 10.** Correlaciones lineal-angular entre las variables dasométricas vs pendiente y orientación.

Correlación	$nr^2_{al}$	<i>P</i>
Densidad vs pendiente	1.46	0.48
Altura vs pendiente	0.02	0.99
Cobertura arbórea vs pendiente	0.88	0.64
DAP vs pendiente	0.16	0.92
Densidad vs orientación	0.83	0.66
Altura vs orientación	0.09	0.63
Cobertura arbórea vs orientación	1.99	0.36
DAP vs orientación	0.15	0.92

De las relaciones entre las variables del tamaño de los árboles, únicamente fue significativa la del DAP con la cobertura (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Relación de algunos parámetros dasométricos con el DAP ( $P < 0.05$ ).

Relación	Coefficiente de correlación <i>R</i>	<i>P</i>
DAP vs altura	- 0.0362	0.883
DAP vs cobertura de copa	0.7801	< 0.001
Altura vs cobertura de copa	0.2154	0.376

## Discusión

Los valores promedio de los parámetros dasométricos fueron mayores en EP (Cuadro 3); a pesar de que el área basal total por el área de todas las parcelas fue mayor en RAP, y de que la cobertura de las copas en el área total fue relativamente superior en EP (Cuadro 2). Los resultados de la prueba de *t* de *Student* de las variables dasométricas promedio, con  $n = 135$  en ambos predios, no mostraron diferencias significativas en el DAP y el área basal (cuadros 4 y 5); aunque, sí se evidenciaron diferencias significativas en la altura, y en la cobertura de copa (Cuadro 5). Hernández *et al.* (2013) describieron que la densidad disminuye en los ejemplares de *Juniperus sp.* de un bosque templado regular con manejo forestal mayor a 80 años y con ciclos de cortas de selección. Asimismo, el MF influye en la diversidad y composición del estrato arbóreo, así como en el área basal. De hecho, esta variable aumenta en las especies de aprovechamiento como *Pinus sp.*; mientras que en *Juniperus sp.* es variable en el transcurso de los años, pero inferior respecto a los taxones de interés comercial; ( $15.21 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  vs  $0.27 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente). Por otro lado, en EP, se practica el manejo forestal mediante el Método Tlaxco (cortas a matarrasa y reforestación) se observó una escasa presencia de juníperos y un área basal de  $3.07 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

Martínez *et al.* (2007) calcularon una altura promedio de  $6 \pm 0.18 \text{ m}$ , similar a la de EP y una cobertura promedio de  $27 \pm 2.26 \text{ m}^2$  de los individuos de *J. deppeana* en un bosque sin manejo, que es superior a los valores registrados en RAP (parcela sin manejo) (Cuadro 4). Esto posiblemente se debe a que en dicho predio se realizan actividades de pastoreo y de extracción selectiva de *J. deppeana* para leña y fabricación de muebles. Por otro lado, y al igual que en el presente estudio (Cuadro 11), Martínez *et al.* (2007) tampoco confirman una asociación significativa entre la cobertura y la altura ( $F_{1, 28} = 4.2$ ,  $r^2 = 0.09$ ,  $P > 0.05$ ), por lo que no hay relación entre las variables de tamaño de los árboles (Martínez *et al.*, 2007).

Solís *et al.* (2006) refirieron que no hay una diferencia notoria del DAP y la altura de *Juniperus deppeana* por la aplicación de diferentes prácticas silviculturales (aclareo vs.



selección) en un bosque de pino-encino de la Sierra de la Candela, Durango; 6 m (altura promedio) y 12.33 cm de DAP promedio vs 5.5 m y 12.75 de DAP promedio, respectivamente; lo cual difiere con los resultados que aquí se documentan, ya que pese a que no hubo diferencia significativa en el DAP de EP vs RAP, sí se presentó en la altura. Por otro lado, en la parcela bajo tratamiento silvícola de aclareo, hay una mayor dominancia de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., puesto que las cortas son dirigidas a taxones con menor valor económico como *J. deppeana*.; mientras que en la parcela con tratamiento de selección enfocado a *P. leiophylla*, como el taxón comercial más importante, permite la apertura de dosel; lo que a su vez, favorece el desarrollo de otras especies como los juníperos. En un bosque de Pakistán, Atta *et al.* (2012) registran que el área basal de *Juniperus excelsa* M.Bieb. varía entre los dos sitios de muestreo considerados, con valores promedio de 90.93 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, y un intervalo de 10.91 a 285.07 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, lo que asocian al disturbio antrópico al que está sometido uno de ellos.

En la tabla de vida estática conjunta, en ambos predios se registró una mortalidad intensa en las primeras categorías, aunque en EP el valor más alto (84 %) correspondió a la categoría 1 (<7.5 cm); mientras que, en RAP fue en la 2 (77 %). Las cifras de esperanza de vida fueron superiores en las categorías 7 y 4, en las dos localidades. Lo anterior concuerda con los resultados de Ayerde y López (2006), quienes registraron que al aumentar el tamaño de los individuos de *J. flaccida* la supervivencia se incrementa tanto en el sitio con extracción selectiva y pastoreo, como en el que no los tiene.

Por otro lado, en España, Otto *et al.* (2005) consignan una competencia intraespecífica alta entre los individuos de *J. turbinata* por el agua, por lo que existe un gran porcentaje de adultos muertos; lo que a su vez, influye en la mortalidad de las plántulas que crecen bajo el dosel. En EP y RAP tampoco se observaron numerosos adultos. Sin embargo, la curva de supervivencia de tipo III implica una notoria mortalidad de los árboles jóvenes, lo cual responde a que en sus primeras etapas los individuos son más susceptibles a los factores ambientales y a la competencia por los recursos (Spurr y Barnes, 1992).

De hecho, Ayerde y López (2006) observaron que las plántulas de *J. flaccida* que se establecen de julio a octubre, durante el periodo de secas (febrero a marzo), presentaron un alto porcentaje de mortalidad. Por lo que ante la alta tasa de mortalidad y la escasez de individuos adultos es probable que los menos maduros, eventualmente, también desaparezcan (Zhao *et al.* 2017). Al respecto, en un bosque de Pakistán, Moinuddin *et al.* (1990) consignan que el disturbio antrópico repercute en las brechas de clase de tamaño y en la baja densidad de plántulas de *J. excelsa*, y que sin un manejo adecuado, a la larga la población de este taxón estará amenazada. Por otro lado, aunque en ambos predios (EP y RAP) hubo una alta mortalidad de individuos jóvenes, es probable que la diferencia que se observó de la densidad de plántulas (individuos < 7.5 cm) (cuadros 7 y 8) se relaciona con las actividades de manejo silvícola vs disturbio antrópico.

En el estudio realizado en EP y RAP, la estructura de tamaño difiere entre los sitios de muestreo, lo cual coincide con lo documentado en la literatura (Otto *et al.*, 2005; Ayerde y López, 2006; Pérez *et al.*, 2007). En RAP hubo menos individuos con DAP < a 7.5 cm de los que se esperaban, y más en la categoría 2 (7.51-15.2 cm). Sin embargo, los datos son similares a los de Otto *et al.* (2005), autores que consignan una mayor densidad de los individuos con menor DAP y altura.

Ayerde y López (2006) refieren en rodales con *J. flaccida* que la densidad de las categorías de tamaño inferiores a 10 cm de DAP (plántulas, juveniles y prerreproductivos) es superior en la parcela con extracción selectiva y apacentamiento; mientras que en el sitio sin extracción maderable, el número de individuos es mayor en las categorías diamétricas superiores a 10.1 cm (individuos adultos), lo que podría deberse a que la apertura de claros que se originan con el manejo favorece el establecimiento de esta especie.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, para todas las categorías, evidencian que EP tuvo mayor densidad en comparación con RAP; es decir, el disturbio ocasionado por cortas, como la matarrasa, abre espacios más grandes, lo que favorece la invasión de especies pioneras (Spurr y Barnes, 1992). Al respecto,

*J. deppeana* es un taxon de aparición temprana (Ern, 1973). Por otro lado, Moinuddin *et al.* (1990) determinan que en *J. excelsa*, el disturbio antrópico disminuye la densidad de individuos jóvenes. Además, esto puede asociarse a que la prueba de residuos estandarizados mostró diferencias significativas en las frecuencias de las primeras categorías diamétricas de RAP; puesto que se identificaron menos individuos con un diámetro < a 7.5 cm de los que se esperaban por azar; mientras que, en el intervalo diamétrico de 7.51 a 13.4 cm, se observaron más de los esperados. Lo anterior es factible de explicarse a partir del disturbio natural y de origen antrópico (incendio en 1998, pastoreo y extracción de juníperos para leña y muebles) a que ha estado sometido el bosque en RAP (Moinuddin *et al.*, 1990; Fitter y Jennings, 1975; Milios *et al.*, 2007); en este contexto, *J. deppeana* es una especie que se favorece por la aparición periódica de incendios (Conafor, 2007).

Aunque en el presente estudio la relación entre las características dasométricas con la pendiente y la orientación no fue significativa; Aguilar (2019) argumenta sobre la asociación entre las últimas dos con la abundancia. Todas ellas junto con el tipo de suelo, sustrato geológico, geoformas, radiación solar, temperatura y precipitación influyen en la estructura, composición, distribución y regeneración de los bosques (Challenger, 1998; Alba *et al.*, 2003; González, 2003).

A pesar de que no se obtuvieron correlaciones significativas entre la densidad y las variables del tamaño del árbol, sí se determinó una relación significativa entre el DAP y la cobertura (Cuadro 11). Aunque, Hernández *et al.* (2018) señalan que el área basal del sitio se vincula con la densidad en un bosque templado bajo manejo forestal sustentable, lo cual es un proceso general que ocurre en los bosques, ya que una densidad alta conlleva a mayor competencia entre los individuos, por lo que no existe un área basal alta por individuo (Spurr y Barnes, 1992). Sin embargo, en los predios analizados no se realizó este análisis, ya que no se obtuvieron diferencias significativas en el área basal entre los individuos de EP y RAP (Cuadro 5). Por otro lado, Bailey y Dell (1973) determinan que en los bosques existe alta correlación entre el DAP, la altura y el volumen, motivo por lo que estas variables se emplean en los bosques bajo

manejo forestal para diseñar modelos que estiman el volumen y los costos de extracción (Bailey y Dell, 1973); aunque los árboles de una masa forestal con un mismo tamaño de diámetro no necesariamente tienen la misma altura (López *et al.*, 2003). En ese contexto, en los individuos de EP y RAP no se obtuvo una relación significativa entre DAP y la altura (Cuadro 11).

## Conclusiones

El comportamiento poblacional de *Juniperus deppeana* acusa una pérdida alta de individuos jóvenes, lo que supone un riesgo en su regeneración natural. De hecho, sí hay diferencias en algunas características estructurales como la altura y la cobertura de copa en los dos predios estudiados, bajo diferente historia de uso (manejo forestal (EP) vs pastoreo y extracción de *J. deppeana* sin ningún tipo de manejo, para leña y fabricación de muebles (RAP)).

Pese a que ambos predios presentan el mismo comportamiento en su demografía; es decir, una declinación alta de los juníperos en etapas juveniles y un número reducido de individuos adultos, los valores superiores de las características demográficas de supervivencia y esperanza de vida se presentan en diferentes categorías diamétricas. Asimismo, las estructuras de tamaños entre los predios difieren significativamente. De hecho, hay una mayor densidad de plántulas de juníperos en el predio sujeto a manejo vs. el que no lo presenta. Sin embargo, no hay una relación significativa entre las variables dasométricas (DAP, altura, cobertura arbórea, densidad) vs la pendiente y orientación en ambos predios.

Por otro lado, aunque los ejemplares en el predio sujeto a manejo forestal reúnen mejores características dasométricas, se requiere de estudios a largo plazo en los que se contraste la diferencia entre los sitios de estudio bajo un enfoque más integral, que involucren diversas variables microambientales y otras características estructurales, a fin de determinar las posibilidades de conservación de la especie asociada a los bosques templados de México.

## **Agradecimientos**

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Víctor López Gómez por su asesoría en el análisis estadístico de la información; así como a las personas que ayudaron en campo para la toma de los datos.

## **Conflicto de intereses**

Laura Gabriela Herrerías Mier labora en el Comité Editorial de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales, razón por la que no participó en el proceso editorial del manuscrito.

## **Contribución por autor**

Laura Gabriela Herrerías Mier: trabajo en campo, análisis de datos, elaboración, revisión y corrección del manuscrito; María Cecilia del Carmen Nieto de Pascual Pola: idea original, asesoría técnica, revisión y corrección del manuscrito.

## **Referencias**

Adams, R. 2004. *Juniperus* of the world. Ed. Trafford. London, UK. pp. 50- 52, 61, 62, 96-105, 109-112,133-137.

Aguilar A., K. 2019. Efecto de plan de manejo forestal en la dinámica ecológica de la comunidad de especies vegetales utilizadas por los habitantes de El Rosario, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. 75 p.

Aguirre-Calderón, O. 2015. Manejo Forestal en el siglo XX1. *Madera y Bosques* 21:17-28.

Alba L., M. P., M. González E., N. Ramírez M. y M. Castillo S. 2003. Determinantes de la distribución de *Pinus* spp. en la Altiplanicie Central de Chiapas, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 73:7-15. doi: 10.17129/botsoci.1675.

Atta, M. S., M. Ahmed, A. L. Tareen and S. Umerjan. 2012. The ecology and dynamics of *Juniperus excelsa* forest in Balochistan-Pakistan. Pakistan Journal of Botany 44(5): 1617-1625.

Ayerde L., D. y L. López M. 2006. Estructura poblacional y parámetros demográficos de *Juniperus flaccida* Schlttdl. Madera y Bosques 12(2): 65-76.  
Doi:10.21829/myb.2006.1221243.

Bailey, R. L. and T. R. Dell. 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. Forest Science 19:97-104.  
<https://doi.org/10.1093/forestscience/19.3.z1>.

Barger, R. L. and P. F. Ffolliott. 1972. Physical characteristics and utilization of major woodland tree species in Arizona. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO, USA. Research Paper RM-83. 80 p.

Batis, A., M. I. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez Y. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología, UNAM-Conabio. México, D. F., México. 109 p.

Bray, D. y L. Merino. 2004. La experiencia de las comunidades forestales en México. INE, Semarnat. México, D.F., México. 305 p.

Carabias, J., J. A. Meave, T. Valverde y Z. Cano-Santana. 2009. Ecología y medio ambiente en el siglo XXI. Pearson Prentice Hall. Naucalpan de Juárez, Edo. de Méx., México. 250 p.

- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Conabio. México, D.F., México. 847 p.
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo, Subsecretaría Forestal y Fauna Silvestres, United States Department of Agriculture, Comisión Forestal de América del Norte. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2007. SIRE-Paquetes Tecnológicos. Ficha técnica *Juniperus deppeana* Steud. Conafor-Conabio.  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/933Juniperus%20deppeana.pdf>  
(12 de febrero de 2012).
- Ern, H. 1973. Repartición, ecología e importancia económica de los bosques de coníferas de los estados mexicanos Puebla-Tlaxcala. Fundación Alemana para la Investigación Científica. México, D.F., México. Comunicaciones: Proyecto Puebla-Tlaxcala 7:21-23.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- Comisión Nacional Forestal (FAO-Conafor). 2012. Situación de los recursos genéticos forestales en México. México, D. F., México. 148 p.
- Farjon, A. 2005. A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys. Ed. Royal Botanical Gardens, Kew. Richmond, Surrey, UK. 643 p.
- Fitter, A. H. and R. D. Jennings. 1975. The effects of sheep grazing in the growth and survival of seedling *Juniperus* (*Juniperus communis* L.). British Ecological Society 12(2):637-642. Doi: 10.2307/2402179.
- German R., T. 2006. Las plantas medicinales y las ciencias: una visión multidisciplinaria, capítulo: Los principales grupos de vegetales. IPN. México, D. F., México. 271 p.

González G., N. 1980. Relación taxonómica entre la roya del enebro (*Juniperus* sp.) y la roya del tejocote (*Crataegus* sp.) Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de Méx., México. 76 p.

González M., F. 2003. Las comunidades vegetales de México. INE-Semarnat. México, D. F., México. 81 p.

Gurevitch, J., S. M. Scheiner and G. A. Fox. 2006. The ecology of plants. Sinauer Associates Inc. Sunderland, MA, USA. 103 p.

Gutiérrez C., M. 1981. Las artesanías populares de madera en México. Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SARH). Dirección General para el Desarrollo Forestal. México, D. F., México. 278 p.

Hernández S., J., O. A. Aguirre C., E. Alanís R., J. Jiménez P., E. J. Treviño G., M. A. González T., C. Luján Á., J. M. Olivares G. y L. A. Domínguez P. 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noreste de México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 19(2): 189-199. Doi:10.5154/r.rchscfa.2012.08.052.

Hernández S., J., O. A. Aguirre C., E. Alanís R., J. Jiménez P., E. J. Treviño G., M. A. González T., C. Luján Á., J. M. Olivares G. y L. A. Domínguez P. 2018. Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noreste de México. Madera y Bosques 24(2):2421767. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421767>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tlaxco, Tlaxcala. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/29/29034.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29034.pdf) (5 de abril de 2012).



Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011a. Panorama sociodemográfico de México. *In: Cuéntame información por entidad*. INEGI. <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/default.aspx?tema=me&e=29> (12 de abril de 2012).

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (Inafed) 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Tlaxcala, Tlaxco. Secretaría de Gobernación. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/index.html> (10 de mayo de 2012).

López S., C. A., J. J. Gorgosso, F. Castedo, A. Rojo, R. Rodríguez, J. G. Álvarez G. and F. Sánchez. 2003. A height-diameter model for *Pinus radiata* D. Don in Galicia (Northwest Spain). *Annals of forest Science* 60(3):237-245. Doi: 10.1051/forest:2003015.

McGowan, G.G., J. Joensalo and R. E. L. Naylor. 2004. Differential grazing of female plants of prostrate juniper (*Juniperus communis* L.). *Botanical Journal of Scotland* 56(1):39-54. Doi: 10.1080/03746600408685066.

Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. Ed. Botas. México, D.F., México. pp. 261-270, 277- 283.

Martínez, M. 1969. Las plantas medicinales de México. Ed. Botas. México, D.F., México. 495 p.

Martínez, A. J., P. Sainos, E. Lezama D. y G. Angeles Á. 2007. El tamaño sí importa: los frutos grandes de *Juniperus deppeana* Steud. (sabino) son más susceptibles a depredación por insectos. *Madera y Bosques* 13(2):65-81. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2007.1321229>.

- Milios, E., E. Pipinis, P. Petrou, S. Akritidou, P. Smiris and M. Aslanidou. 2007. Structure and regeneration patterns of the *Juniperus excelsa* Bieb. Stands in the central part of the Nestos valley in the northeast of Greece, in the context of the anthropogenic disturbances and nurse plant facilitation. *Ecological Research* 22(5):173-723. <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0310-7>.
- Moinuddin, A., S. Syed Shahid and B. Abdul Hafeez. 1990. Population structure and dynamics of *Juniperus excelsa* in Balouchistan, Pakistan. *Journal of Vegetation Science* 1:271-276. Doi:10.2307/3235664.
- Otto, R., B. O. Krüssi, S. Schaffer, P. Meuwly, J. D. Delgado, J. R. Arévalo y J. M. Fernández P. 2005. Ecología, estructura y dinámica de las poblaciones de la sabina canaria (*Juniperus turbinata* ssp. *canariensis*) en Tenerife y La Gomera. [https://www.researchgate.net/publication/268169863\\_Ecologia\\_estructura\\_y\\_dinamica\\_de\\_las\\_poblaciones\\_de\\_la\\_sabina\\_canaria\\_Juniperus\\_turbinata\\_ssp\\_canariensis\\_en\\_Tenerife\\_y\\_La\\_Gomera\\_Memoria\\_2005\\_del\\_Proyecto\\_LIFE04NATES000064](https://www.researchgate.net/publication/268169863_Ecologia_estructura_y_dinamica_de_las_poblaciones_de_la_sabina_canaria_Juniperus_turbinata_ssp_canariensis_en_Tenerife_y_La_Gomera_Memoria_2005_del_Proyecto_LIFE04NATES000064) (13 de abril de 2019).
- Pérez S., B. L., V. Guerra D la C., F. Carrillo A., M. Acosta M. y E. Buendía R. 2007. Respuesta de la regeneración natural en dos sistemas silvícolas aplicados a Tlaxco, Tlaxcala. *Revista Ciencia Forestal en México* 32 (102):39-56. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/busqueda> (14 de abril de 2019).
- Rodríguez C., A., F. Cruz C., B. Vargas L., F. J. Hernández. 2015. Compatible dominant height-site index model for juniper (*Juniper deppena* Steud.) *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(81):97-108. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.09.041.
- Rzedowski, J. 1988. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F., México. 395 p.

- Salazar F., R. 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Vol 2. Serie 48. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pp. 23-24.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). 1975. Inventario forestal del estado de Tlaxcala. México, D.F., México. Publicación Núm. 31. 63 p.
- Siegel, S. y N. J. Castellan. 2009. Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. Ed. Trillas. México, D. F., México. pp. 224-227.
- Solís M., R., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y. y J. Corral R. 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.2018.2421569.
- Spurr, S. H. and B. V. Barnes. 1992. *Forest Ecology*. 3<sup>rd</sup> edition. Krieger Publishing Company. Malabar, FL, USA. 687 p.
- Trinidad V., H. 1999. Guía silvícola del táscate (*Juniperus deppeana* Steud.) *In:* Musálem, M. Á. *Sistemas Agroforestales*. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. 29 p.
- Troseau, A. y H. Pidoux. 1842. *Tratado de terapéutica y materia médica*. Imprenta de la Viuda de Jordán e hijos. Madrid, España. 218 p.
- Ugalde, L. A. 1981. *Conceptos básicos de dasometría*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Programa de Recursos Forestales Naturales y Renovables. Turrialba, Costa Rica. 23 p.
- Vázquez Y., C., A. I. Batis M, M. I. Alcocer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 2002. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F., México. 263 p.

Zamora-Martínez, M. C., A. Montoya, C. Nieto de Pascual P., A. Kong, A. González H. y J. I. Martínez Valdez. 2007. Hongos silvestres comestibles de Tlaxcala II. INIFAP/Cenid-Comef/UAT. México, D. F., México. Libro técnico Núm. 3. 59 p.

Zar, J. H. 2010. Biostatistical Analysis. Pearson Prentice Hall. 5<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River, NJ, USA. pp. 658-659.

Zhao, B., D. Guo, H, Sahao and Z. Bail. 2017. Investigating the population structure and spatial pattern of restores forest in an opencraft coal mine, China. Environmental Earth Science 76:679. Doi: 10.1007/s12665-017-7020-z.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.