

ESTRUCTURA SILVÍCOLA DE POBLACIONES DE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco EN TLAXCALA Y PUEBLA

FORESTRY STRUCTURE OF POPULATIONS OF *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco IN THE STATES OF TLAXCALA AND PUEBLA

Vidal Guerra De la Cruz¹, Juan Carlos López-Domínguez², Javier López Upton³,
Carolina Bautista Sampayo³ y Laura Hernández García¹

RESUMEN

Las poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* del centro de México son pequeñas, fragmentadas y están afectadas por diversos factores de disturbio: naturales y de origen humano. El escaso conocimiento sobre su estructura silvícola limita el diseño de programas de manejo, a pesar del *estatus* de protección especial de la especie. Los objetivos del presente estudio fueron caracterizar, comparar y analizar la estructura silvícola de siete poblaciones de *Pseudotsuga* localizadas en los estados de Tlaxcala y Puebla. La información se obtuvo mediante un muestreo sistemático, con parcelas circulares anidadas de 0.1, 0.05 y 0.005 ha, en las que se registró el diámetro normal de los árboles vivos, muertos y tocones de todos los individuos arbóreos existentes. Los resultados del área basal y valor de importancia indican que en las localidades dominan *Pseudotsuga menziesii-Quercus* sp., y en menor proporción se identificaron coníferas como *Abies religiosa*. Las distribuciones diamétricas de *Pseudotsuga* son irregulares y desbalanceadas, con notable carencia de diámetros pequeños (< 10 cm) y superiores a 85 cm. Los tres sitios de Tlaxcala mostraron mayores densidades de árboles muertos en pie y tocones que los de Puebla. La similitud entre rodales, evaluada con el Índice de Morisita modificado, reflejó una influencia de la cercanía geográfica de los rodales, pero también sugiere la incidencia importante de factores de disturbio en el desarrollo de las distribuciones diamétricas observadas en las poblaciones.

Palabras clave: Centro de México, distribuciones diamétricas, factores de disturbio, índice de similitud, mortalidad, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

ABSTRACT

Pseudotsuga menziesii populations in central Mexico are small, fragmented and affected by natural and anthropogenic factors. Little is known about the stand structure of these populations, which limits development of management programs despite the protected status of the species. The objective of this study was to characterize and to compare the stand structure of *Pseudotsuga* forest in seven locations in the states of Tlaxcala and Puebla. A systematic sampling with circular nested plots of 0.1, 0.05 y 0.005 ha were used to register stand attributes including diameter at breast height (DBH) of alive, death and stumps of all tree species. Results in basal area and Value of Importance Index showed that all locations are dominated by an association of *Pseudotsuga-Quercus* sp., and to a less extent by other conifer species. Diameter distribution of *Pseudotsuga* are non-regular and unbalanced, lacking small (<10 cm) and large (>85 cm) diameter classes. Stands in Tlaxcala showed higher densities of standing death trees and stumps than those of Puebla. A modified Morista's Index of Similitude suggested the influence of geographic proximity of populations as well as the disturb factors, in shaping observed diameter distributions.

Key words: Central Mexico, mensuration distributions, disturb factors, similarity index, mortality rate, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Fecha de recepción: 2 de julio de 2012.

Fecha de aceptación: 13 de agosto de 2012.

¹ Sitio Experimental Tlaxcala, CIR-Centro, INIFAP. Correo-e: guerra.vidal@inifap.gob.mx

² Postgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

³ Programa Forestal, Colegio de Posgraduados.

INTRODUCCIÓN

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco es considerada como la conífera comercial que ocupa el intervalo latitudinal más amplio en el oeste de Estados Unidos de América, en donde sus bosques cubren una gran diversidad de condiciones climáticas y ambientales en una distribución muy discontinua y dispersa (Hermann y Lavender, 1990). En esta región la especie presenta una distribución casi continua desde Canadá hasta Colorado, Nuevo México y Arizona; mientras que, en el este se ubica de Texas hasta México; En México los bosques de *Pseudotsuga*, probablemente, no rebasen en extensión 25,000 hectáreas (Rzedowski, 1978) y se desarrollan mezclados con otras coníferas en la Sierra Madre Occidental; en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango y Zacatecas; en la Sierra Madre Oriental, en Coahuila y Nuevo León; y en localidades aisladas de algunos estados del centro del país: Hidalgo, Tlaxcala y Puebla (Rzedowski, 1978). También se han registrado en Veracruz (Domínguez, 1983) y Oaxaca (Debreczy y Racz, 1995); en esta última entidad las poblaciones de *Pseudotsuga* alcanzan el límite más austral de su distribución natural en América (Debreczy y Racz, 1995; Acevedo, 1998).

A diferencia de su importancia económica en el vecino país del norte, en México apenas en años recientes la especie ha cobrado relevancia por su potencial como árbol de Navidad. No obstante, esto ha significado una presión adicional sobre sus poblaciones, ya que la mayoría presenta evidencias de disturbios como deforestación, incendios, plagas, etc. (Ventura *et al.*, 2010), y de manera reciente, la recolecta indiscriminada de semilla, para el establecimiento de plantaciones comerciales. Lo anterior se ha dado a pesar de que en la normatividad ambiental del país se reconoce la necesidad de regular su manejo y aprovechamiento, mediante su inclusión en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2010).

La gran diversidad de condiciones ambientales en las que ocurre *P. menziesii*, aunada a los factores de disturbio que afectan sus poblaciones, muy probablemente, crean estructuras silvícolas diversas y complejas en cada localidad. La estructura y composición de los bosques es un reflejo de las condiciones ecológicas en que se desarrollan, por lo que su conocimiento detallado es fundamental para el diseño de programas de protección, conservación y aprovechamiento. Sin embargo, en el país solo algunos estudios descriptivos (Cornejo, 1987; Nájera *et al.*, 1992; Domínguez *et al.*, 2004) han aportado información general al respecto; mientras que los trabajos de carácter comparativo que reflejen aspectos de la dinámica de estos ecosistemas son inexistentes.

Parcialmente, las poblaciones de *P. menziesii* en el centro del territorio nacional permanecen en un continuo deterioro (Torres, 2006), no solo por la presión humana y los procesos

INTRODUCTION

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco is considered the commercial conifer over the largest latitude interval at the west of the United States where its forests are displayed in a great variety of climatic and environmental conditions, in a discontinuous and disperse way (Hermann and Lavender, 1990). In this region the species shows an almost continuous distribution from Canada to Colorado, New Mexico and Arizona; while at the east, it is found from Texas up to Mexico. In Mexico, probably *Pseudotsuga* forests do not exceed 25,000 hectares (Rzedowski, 1978) and they grow mixed with other softwoods in Sierra Madre Occidental; in the states of Chihuahua, Sonora, Durango and Zacatecas; in the Sierra Madre Oriental, in Coahuila and Nuevo Leon; and in isolated locations of some central states: Hidalgo, Tlaxcala and Puebla (Rzedowski, 1978). They have been recorded in Veracruz (Domínguez, 1983) and Oaxaca (Debreczy and Racz, 1995); in the latter, the populations of *Pseudotsuga* reach the southern limit of their natural distribution in America (Debreczy and Racz, 1995; Acevedo, 1998).

In contrast to the economic difference in the neighboring northern country, only recently in Mexico the species has become relevant for its potential as Christmas tree. Nevertheless, this has been turned into an additional pressure upon their populations, since most of them show evident disturbings such as deforestation, fires, plagues, etc. (Ventura *et al.*, 2010), and even more recently, the unlimited seed collection for the establishment of commercial plantations. This situation has occurred in spite of the fact that the environmental regulations of the country acknowledge the need to control their management and harvest by including it in the Official Mexican Regulation [Norma Oficial Mexicana] NOM-059-SEMARNAT-2010 as a species subjected to special protection (SEMARNAT, 2010).

The great diversity of environmental conditions in which *P. menziesii* is found, in addition to the disturb factors that affect its populations, forms different and complex forestry structures in each location. The structure and composition of forests is a reflection of the ecological conditions in which they grow, which makes its detailed knowledge something basic to design protection conservation and harvesting programs. However, in this country only some descriptive studies (Cornejo, 1987; Nájera *et al.*, 1992; Domínguez *et al.*, 2004) have made general contributions in this regard, while there are none comparative works that involve the dynamics of these ecosystems.

The *P. menziesii* populations of central Mexico, in particular, remain in permanent decay (Torres, 2006), not only from human pressure and the natural process to which they are subjected, but also because of the lack of specific programs oriented to their management. A limiting element is the shortage of basic information about their forestry characteristics, structure and dynamics, which are essential for the design and application

naturales a los que están sujetas, sino también, por la carencia de programas específicos para su manejo. Un elemento limitante es la escasez de información básica sobre sus características silvícolas, estructura y dinámica, los cuales son fundamentales para el diseño e implementación de programas de manejo. En este contexto los objetivos de la presente investigación son caracterizar, comparar y analizar la estructura silvícola de siete poblaciones de *Pseudotsuga* en dos estados de la región central de México, como una medida inicial para establecer las bases para su manejo sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. De las siete poblaciones estudiadas, tres se sitúan en el noroeste del estado de Tlaxcala y cuatro en el norte-centro de Puebla; es decir, se ubican fisiográficamente en la provincia del Eje Neovolcánico y en la región hidrológica núm. 27, Cuenca del Río Tecolutla. El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (C (w₂)) y una precipitación entre 800 y 1,000 mm. La máxima incidencia de lluvias se presenta en los meses de junio a septiembre y los más secos son enero y febrero. Además, la amplitud térmica es de 12° a 18° C, los meses más cálidos corresponden a marzo, junio, julio y agosto; y los más fríos a diciembre y enero. El material geológico data del periodo cuaternario y la roca es de tipo ígnea extrusiva. El suelo es de tipo Regosol: suelos sueltos sin desarrollo, su perfil está constituido por un horizonte A o C y los limita la roca madre (INEGI, 2000; Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2002).

Las localidades específicas en Tlaxcala fueron poblaciones de *P. menziesii* en el rancho "La Rosa" y el ejido San José Villarreal, ambas en el municipio de Terrenate, y en el ejido Emiliano Zapata, municipio del mismo nombre. En Puebla se incluyeron las poblaciones del ejido Xonacatla, municipio Cuatexmola, ejido Tlalalmotolo y rancho La Caldera del municipio de Ixtacamaxtitlan, y Canoitas, ubicado en el ejido Apizaquito, municipio de Saltillo La Fragua. En el Cuadro 1 se indican las características geográficas promedio de cada lugar; información ecológica más detallada se puede consultar en Ventura *et al.* (2010).

Diseño y unidades de muestreo. Se utilizó un sistema de muestreo sistemático similar al empleado por Spies y Franklin (1991), con modificaciones de acuerdo a las condiciones particulares del estudio y algunas limitaciones impuestas por el tamaño de los rodales; con parcelas (unidades de muestreo) ubicadas sobre transectos equidistantes de 75 m, y se procuró que las parcelas de medición quedaran a no menos de 25 m de las orillas del rodal o de caminos principales.

Las unidades de muestreo consistieron en una serie de tres parcelas circulares anidadas de 0.1, 0.05 y 0.005 ha; en la primera se midieron los árboles mayores de 50 cm de diámetro normal

de management programs. In this context, the aims of the actual research were to describe, compare and analyze the forestry structure of seven populations of *Pseudotsuga* in two states of central Mexico, as an initial strategy to establish a basis for their sustainable management.

MATERIALS AND METHODS

Study area

Out of the seven populations that were studied, three were located at the northeast of Tlaxcala state and four at the north-central part of Puebla state; that is, they are physiographically located in the Neovolcanic Axis province and in the hydrologic region number 27, Tecolutla river basin. The prevailing climate is temperate sub-humid with summer rain (C (w₂)) and precipitation between 800 and 1,000 mm. The greatest rain fall concentrates from June to September and the driest months from January to February. Also, the thermal amplitude is from 12° to 18° C, the warmest are March, June, July and August; and the coldest from December to January. The geological matter comes from the quaternary age and rocks are extrusive igneous. Soil are of the Regosol type: unstructured soils without any development, its profile is made up by horizons A or C and are limited by the bedrock (INEGI, 2000; Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2002).

The specific locations at Tlaxcala were *P. menziesii* populations in the "La Rosa" ranch and the San José Villarreal *ejido*, both in Terrenate municipality and Emiliano Zapata *ejido*, at the municipality of the same name. In Puebla were included the populations of Xonacatla *ejido*, Cuatexmola municipality, Tlalalmotolo *ejido* and La Caldera ranch that belong to Ixtacamaxtitlan and Canoitas municipalities, located in Apizaquito *ejido*, of Saltillo La Fragua municipality. In Table 1 are shown the geographic data of each place; a more detailed ecological information can be found in Ventura *et al.* (2010).

A systematic sampling system similar to that used by Spies and Franklin (1991) was applied, with modifications according to the particular conditions of the study and other limitations that came from the size of the stands; with plots (sampling units) located over equidistant transects of 75 m and it was attempted that the mensuration plots were established not less than 25 m from the edge of the stand or main roads.

Sampling units consisted on a series of three circular netted plots of 0.1, 0.05 and 0.005 ha; in the first one, trees above 50 cm of DBH were measured; in the second, individuals from 10 to 50 cm of DBH. In the third one, samples with less than 10 cm of DBH and a total height over 1.30 m were included, which were considered as advanced regeneration. DBH and total height of all the present trees of all species were measured: alive individuals, standing dead trees and stumps.

(DN), en la segunda los individuos con DN entre 10 cm y 50 cm. En la parcela de 0.005 ha se incluyeron ejemplares cuyo diámetro fue menor a 10 cm y altura total superior a 1.30 m, los cuales se consideraron como regeneración avanzada. Se midió el DN y altura total de todos los árboles de las especies presentes: individuos vivos, muertos en pie y tocones.

The geographic coordinates, altitude, hillside and slope were determined at the center of the plots. From the differences between areas and forms of the stands, the number of sampling units in each location was not the same, in such a way that 10 were taken in La Rosa, 19 in Zapata, 20 in Villarreal, 13 in La Caldera, 20 in Cuatexmola, 9 in Canoitas and 8 in Tlalmotolo.

Cuadro 1. Ubicación y características geográficas promedio de los bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en localidades de Tlaxcala y Puebla.

Table 1. Location and average geographic data of the *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco forests in Tlaxcala and Puebla. Sampling design and units.

Localidad	Municipio, Estado	Coordenadas		Pendiente (%)	Altitud msnm	Exposición
		Norte	Oeste			
La Rosa	Terrenate, Tlax.	19° 31' 25"	97° 54' 55"	81	2750	Suroeste
Zapata	Emiliano Zapata, Tlax.	19° 33' 25"	97° 54' 35"	69	3000	Norte
Villarreal	Terrenate, Tlax.	19° 33' 00"	97° 53' 15"	60	2872	Norte
La Caldera	Ixtacamaxitlán, Pue.	19° 30' 29"	97° 51' 53.0"	53	3040	Oeste
Cuatexmola	Ixtacamaxitlán, Pue.	19° 29' 56.5"	97° 50' 21.8"	62	2925	Noreste
Canoitas	Saltillo La Fragua, Pue.	19° 11' 00.7"	97° 19' 18.1"	69	3127	Norte
Tlalmotolo	Ixtacamaxitlán, Pue.	19° 32' 24.6"	97° 43' 34.4"	83	2932	Noreste

Las coordenadas geográficas, la altitud, la exposición y la pendiente se determinaron en el centro de las parcelas. Debido a las diferencias en superficies y forma de los rodales, el número de unidades de muestreo en cada localidad fue diferente, de tal forma que se midieron 10 en La Rosa, 19 en Zapata, 20 en Villarreal, 13 en La Caldera, 20 en Cuatexmola, nueve en Canoitas y ocho en Tlalmotolo.

Análisis de la información. A nivel de rodal se obtuvieron los valores de área basal ($m^2 ha^{-1}$) y densidad (individuos ha^{-1}) por clases diamétricas y especies, de los cuales solo se muestran los de mayor relevancia por rodal, con base en su Índice de Valor de Importancia. Este proporciona información sobre la influencia de cada taxón dentro de la comunidad vegetal (Franco, 1989; Suárez y Carmona, 1998); por lo tanto, es un método adecuado para caracterizarla. En el caso del presente estudio el área basal de cada especie en las unidades de muestreo se utilizó como una medida de dominancia relativa. La densidad y la frecuencia relativas se estimaron con las fórmulas establecidas por Franco (1989).

Similitud entre localidades. Con el propósito de analizar la similitud en la estructura silvícola de las localidades se empleó una adaptación del Índice de Similitud de Comunidades de Morisita (Morisita, 1959), propuesta por McComb *et al.* (1993) para hacer comparaciones entre las distribuciones diamétricas de dos sitios. Dicho índice permite confrontar la estructura de dos comunidades con diferente densidad de organismos y toma valores de 0 a 1, en donde 0 indicaría que no hay similitud, y 1 que

Information analysis

At the stand level, values of the basal area ($m^2 ha^{-1}$) were determined as well as density (individuals ha^{-1}) by diametric classes and species, of which only the most relevant by stand are shown by the Importance Value Index. It provides information about the influence of each taxon within the vegetation community (Franco, 1989; Suárez and Carmona, 1998); therefore, it is a good method to describe it. In this case, the basal area of each species in the sampling units was used as a measure of relative dominance. Relative density and frequency were calculated by the formulae of Franco (1989).

Similitude among localities. In order to analyze the similitude in the forest structure of the localities, an adaptation of Morisita's Similarity Index (Morisita, 1959) suggested by McComb *et al.* (1993) to make comparisons between the diametric distributions of two sites was used. This index lets to contrast the structure of two communities with different organism density and takes values from 0 to 1, where 0 would indicate that there is no similitude and 1 that the structures are identical. In this way 21 paired comparisons were made for the seven populations, for which density values by diametric class of *P. menziesii*, other soft and hardwoods were considered

RESULTS AND DISCUSION

Except for Tlalmotolo, in every location, *Pseudotsuga menziesii* had the highest records in basal area and was 100% over the

las estructuras son idénticas. De esta manera se realizaron 21 comparaciones pareadas para las siete poblaciones, para ello se usaron los valores de densidad por clase diamétrica para *Pseudotsuga menziesii*, otras coníferas y latifoliadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todas las localidades, con excepción de Tlaxcala, *Pseudotsuga menziesii* tuvo los valores más altos de área basal (AB), y superó por más de 100% a los otros taxa en cada rodal; mientras que, en donde *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. *et* Cham. es dominante, registró valores más generales y la diferencia fue de solo 20% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Área Basal por especies en bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en localidades de Tlaxcala y Puebla.
Table 2. Basal area for species in *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco forests in the Tlaxcala and Puebla locations.

Especie	Tlaxcala			Puebla			
	La Rosa (m ² ha ⁻¹)	Zapata (m ² ha ⁻¹)	Villarreal (m ² ha ⁻¹)	La Caldera (m ² ha ⁻¹)	Cuatexmola (m ² ha ⁻¹)	Canoitas (m ² ha ⁻¹)	Tlaxmotolo (m ² ha ⁻¹)
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	39.47	66.55	56.78	38.82	29.97	24.55	12.57
<i>Quercus</i> sp.	19.77	11.12	6.87	12.93	0	0.57	0
<i>Q. laurina</i> Humb. <i>et</i> Bonpl.	9.62	6.57	20.73	0	3.60	14.82	0.91
<i>Q. rugosa</i> Née	4.36	0.23	4.15	0	0	0.06	3.79
<i>Pinus</i> sp.	3.49	0.92	0.39	0	0	0	0
<i>P. ayacahuite</i> C. Ehrenb.	10.15	6.32	0.29	0	0	0	9.17
<i>P. teocote</i> Cham <i>et</i> Schltdl.	2.87	0	8.45	0.50	5.56	0.47	0
<i>Prunus capuli</i> Cav. Ex Spreng.	0	0	0.05	0	3.66	0	0
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltdl. <i>et</i> Cham.	9.74	6.29	1.13	4.06	7.47	7.56	15.30

No se incluyen las especies cuyo valor de AB fue menor de 2.0 m² ha⁻¹ en todas las localidades.
The species whose AB value was less than 2.0 m² ha⁻¹ in all locations, were not included.

Cabe destacar que en los rodales de Tlaxcala, los encinos tienen una importante contribución en el AB, aunque en conjunto no rebasan a *Pseudotsuga menziesii*. En Puebla solo La Caldera y Canoitas contaron con una numerosa presencia de encinos. Entre las coníferas, únicamente *A. religiosa* registró una considerable contribución al AB en casi todas las localidades, con excepción de Villarreal donde es superada por los encinos. En general, estos valores de AB son similares o mayores a los determinados en otros bosques; por ejemplo, en El Salto y San José Capulines, Hidalgo (Velasco-García *et al.*, 2007). En cambio, Domínguez *et al.* (2004) estimaron un AB para *Pseudotsuga* en Pinal de Amoles, Querétaro mayor a cualquiera de las que se obtuvieron en el presente trabajo. Sin embargo, el valor de importancia que documentan, al igual que el citado por Acevedo (1998) en Oaxaca, es notablemente menor.

Los resultados sugieren que en otras localidades del centro del país dominan especies como *A. religiosa*, sobre *Pseudotsuga*; en la región Puebla-Tlaxcala se observa la situación opuesta. Esta

other taxa in each stand, while in those where *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. *et* Cham. had the highest number, the difference was only of 20% (Table 2).

It is worth-noticing that in the stands of Tlaxcala, oaks have an important contribution to AB even if as a group they do not surpass *Pseudotsuga menziesii*. In Puebla only La Caldera and Canoitas counted with a bountiful population of oaks. Among softwoods, *A. religiosa* made a great contribution to AB in almost all locations, except for Villarreal where it is overtaken by oaks. In general, these AB values are similar or higher than those calculated for forests; for example, in El Salto and San José Capulines, Hidalgo state (Velasco-García *et al.*,

2007). In contrast, Domínguez *et al.* (2004) estimated an AB for *Pseudotsuga* in Pinal de Amoles, Querétaro, higher than any of those found in this work. However, the value importance that they registered, as well as that quoted by Acevedo (1998) in Oaxaca, is clearly lower.

Results suggest that in other locations at the center of the country *A. religiosa* dominates *Pseudotsuga*; in the Puebla-Tlaxcala region the opposite situation is observed. This tendency is confirmed by value of importance (IVI) of each location, as in almost all cases, *P. menziesii* was the most important taxon, very much over the rest of them, only in Canoitas the difference in IVI with *Q. laurina* Humb. *et* Bonpl. was minimal (Table 3).

In Tlaxmotolo, the dominance of *A. religiosa* in the stand was clearer, since it had an IVI very much above to that of *Pseudotsuga*. Since IVI is an integrative measure, in most of the populations can be observed species such as *Pinus pseudostrabus* with a high value, especially in Tlaxmotolo. IVI

tendencia se reafirma con el índice de valor de importancia (IVI) de cada localidad, ya que en casi todos los casos *P. menziesii* fue el taxon más importante, muy por encima del resto de los taxa, solamente en Canoitas la diferencia en IVI con *Q. laurina* Humb. et Bonpl. fue mínima (Cuadro 3).

indicates that in the studied locations of *Pseudotsuga menziesii* coexists with oaks and tolerant softwoods such as fir, but it always keeps a notorious prevalence in the stands where it grows con (Table 3).

Cuadro 3. Índice de Valor de Importancia de las principales especies arbóreas en bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de Tlaxcala y Puebla.

Table 3. Importance Value Index of the main tree species in *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco forests of Tlaxcala and Puebla.

Especie	La Rosa	Zapata	Villarreal	La Caldera	Cuatexmola	Canoitas	Tlalmotolo
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	94.47	161.93	119.60	136.76	161.05	64.92	76.33
<i>Quercus laurina</i> Humb. et Bonpl.	26.50	30.63	76.35	0.00	51.02	64.10	9.53
<i>Quercus</i> sp.	70.40	52.87	33.90	95.11	0.00	6.61	0.00
<i>Quercus rugosa</i> Née	22.49	3.48	24.77	0.00	0.00	8.97	46.11
<i>Pinus teocote</i> Cham et Schltld.	9.75	0.00	23.41	4.32	46.60	6.84	0.00
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	0.00	8.57	4.61	4.30	0.00	27.13	0.00
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltld. et Cham.	23.49	15.06	4.01	47.06	22.46	36.56	102.49
<i>P. pseudostrabus</i> Lindl.	0.00	4.33	3.27	8.14	2.49	14.57	37.68
<i>P. ayacahuite</i> C. Ehrenb.	27.03	19.34	1.95	0.00	0.00	0.00	27.86

En Tlalmotolo la dominancia de *A. religiosa* en el rodal fue más clara, ya que presentó un IVI muy superior al de *Pseudotsuga*. Dado que el IVI es una medida integradora, en la mayoría de las poblaciones se pueden observar especies como *Pinus pseudostrabus* con un valor alto, especialmente en Tlalmotolo. El IVI indica que en las localidades estudiadas *Pseudotsuga menziesii* convive con encinos y coníferas tolerantes como el oyamel, pero siempre mantiene una clara preponderancia en los rodales donde ocurre (Cuadro 3).

Mortality and felling

An aspect that has received little attention in projects related to forestry structure is the presence of dead standing trees and of stumps, in spite of being important structural elements that reflect some processes that take place in forests (Franklin et al., 1987). In the actual research study, the locations in Tlaxcala, La Rosa in particular, show a greater impact in their structure as a high tree mortality was determined due to several causes that include physical damages (scratching, cutting (ocoteo), etc) up to natural competence processes (Table 4). Dead individuals that were found with no apparent cause at La Rosa, at least, are trees under the diametric categories lower than 5 cm, which are more prone to die by fires or competence at the lower strata (López-Domínguez, 2008). This fact may explain, somehow, the absence of individuals of *P. menziesii* in the diametric distributions in most of the populations that were studied, except for La Caldera and Tlalmotolo that had few dead standing trees.

Mortalidad y tala

Un aspecto poco atendido en los trabajos que abordan el tema de la estructura silvícola es la presencia de árboles muertos en pie y de tocones, a pesar de que son elementos estructurales importantes que reflejan algunos de los procesos que suceden en los bosques (Franklin et al., 1987). En la investigación que aquí se documenta las localidades de Tlaxcala, en particular La Rosa, evidencian un mayor impacto en su estructura, pues se determinó una mortalidad de arbolado alta, debido a diversas causas que van desde daños físicos (rayados, ocoteados, etc.) hasta procesos naturales de competencia (Cuadro 4). Los individuos que se identificaron como muertos sin ninguna causa aparente, al menos en La Rosa, correspondieron a ejemplares de categorías diamétricas menores a 5 cm, los cuales son más propensos a morir por incendios o por competencia en los estratos inferiores (López-Domínguez, 2008). Este hecho puede explicar, en parte, la ausencia de individuos de *P. menziesii* en las distribuciones diamétricas de la mayoría de las poblaciones estudiadas, con excepción de La Caldera y Tlalmotolo que tuvieron pocos árboles muertos en pie.

From the locations in Puebla, only Canoitas had a considerable standing dead tree density, as well as stumps, and from the AB and IVI values, it is possible to state that this location as well as Cuatexmola showed the highest impact in their structure due to human activities (felling, burning, etc.). In Tlaxcala, only in Zapata were observed evident signs of felling, the stump and dead standing trees density was high, 28.42 and 44.74 respectively (Table 4).

Nevertheless, the stump densities in Table 4 are lower than those of Cornejo (1987) for *Pseudotsuga* forests in La Marta mountain range, Coahuila, where the average stump density

Cuadro 4. Densidad de arbolado muerto en pie y de tocones en bosques de *Pseudotsuga menziesii* en Puebla y Tlaxcala.
Table 4. Dead standing trees and stump density in *Pseudotsuga menziesii* forests in Puebla and Tlaxcala.

Localidad	Muertos en pie (individuos ha ⁻¹)	Tocones (individuos ha ⁻¹)
La Rosa	89	4
Zapata	44.74	28.42
Villarreal	36.50	6
La Caldera	1.53	5.38
Cuatxmola	1.50	76
Canoitas	11.11	14.44
Tlalmotolo	2.50	8.75

De las localidades de Puebla solo Canoitas tuvo una considerable densidad de árboles muertos en pie, así como de tocones, y a juzgar por sus valores de AB e IVI es posible argumentar que esta localidad junto con Cuatxmola presentaron alto impacto en su estructura por actividades humanas (tala, quemas, etc.). En el caso de Tlaxcala, únicamente en Zapata se observaron evidencias de tala, pues la densidad de tocones y de árboles muertos en pie fue alta, 28.42 y 44.74 respectivamente (Cuadro 4).

No obstante, las densidades de tocones indicadas en el Cuadro 4 son menores a las consignadas por Cornejo (1987) para bosques de *Pseudotsuga* en la sierra La Marta, Coahuila, donde la densidad promedio de los tocones de coníferas fue de 140 tocones ha⁻¹; mientras que en la región de "Plan del Baile", Tlachichuca, Puebla representaron 3 % de la población total (Vásquez, 2004).

of softwoods was of 140 stumps ha⁻¹; while in the *Plan del Baile* region, Tlachichuca, Puebla, they made up 3 % of the total population (Vásquez, 2004).

Diametric structure of *Pseudotsuga menziesii*

The diametric distributions of *Pseudotsuga* in each location showed irregular structures and notably unbalanced. In Tlaxcala, only La Rosa had a light tendency towards the reverse-J shaped curve, with a deficit of individuals in lower categories (lack of advanced regeneration); on the opposite, in Zapata and Villarreal its distribution was that of the "coetaneous" type, but with a clear lack of samples in small categories (figures 1a, 1b and 1c).

In the locations of Puebla, the diametric classes of *Pseudotsuga menziesii* revealed a very similar distribution to

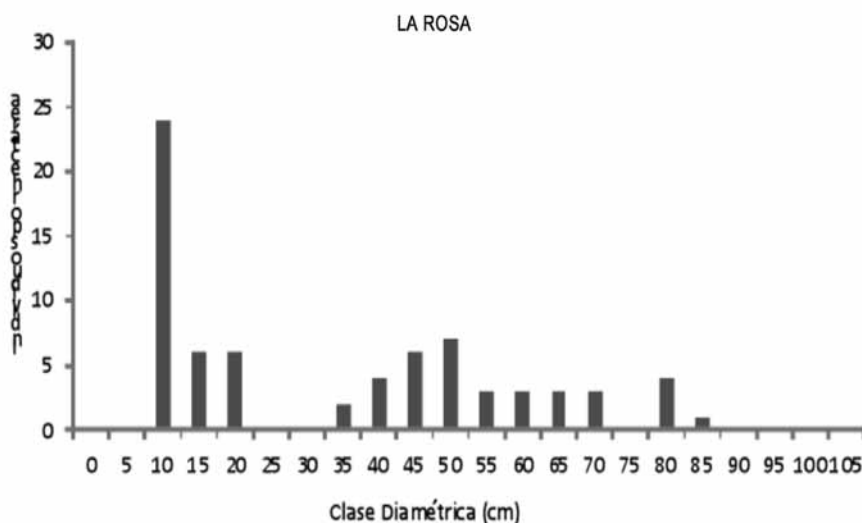


Figura 1a. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de La Rosa, Terrenate; Tlaxcala.

Figure 1a. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in La Rosa, Terrenate; Tlaxcala.

Estructura diamétrica de *Pseudotsuga menziesii*

Las distribuciones diamétricas de *Pseudotsuga* en cada localidad mostraron estructuras irregulares y muy desbalanceadas. En Tlaxcala solo La Rosa tuvo una ligera tendencia hacia la J-invertida, con déficit de individuos de categoría más pequeñas (ausencia de regeneración avanzada); por el contrario, en Zapata y Villarreal su distribución correspondió a una de tipo "coetánea", pero con evidente escasez de categorías pequeñas (figuras 1a, 1b y 1c).

that of the reverse-J shape curve though unbalanced, with a greater presence of individuals that belong to the smaller classes (figures 2a, 2b, 2c and 2d). The population with best balance in structure was that of La Caldera, as in it were counted individuals of almost all the diametric categories, even though small samples prevail. Cuatexmola had a good balance, but trees of the smallest diametric category do not exist. In contrast, Tlaxmotolo was outstanding as the most unbalanced population, since it really did not have *Pseudotsuga* trees in categories greater than 15 cm, but with a good density of individuals in smaller classes, a fact that suggests a recent establishment of the species in this stand (figure 2d).

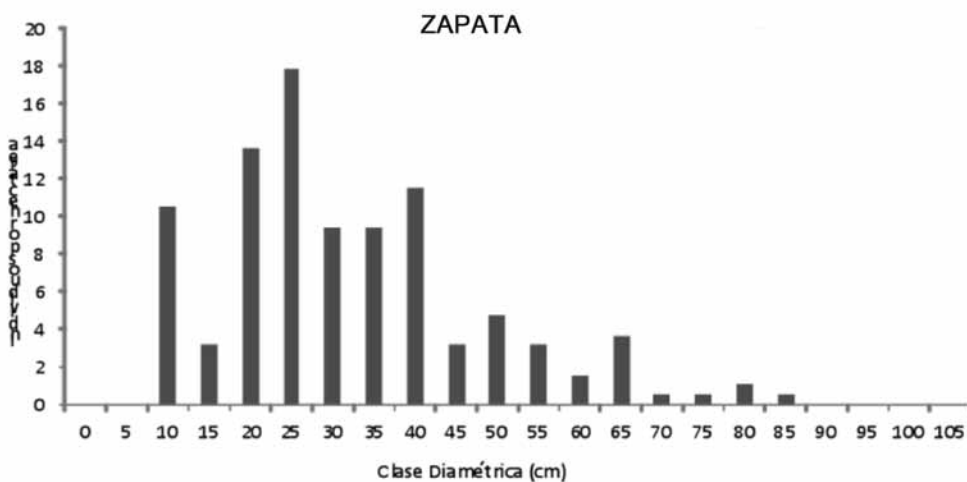


Figura 1b. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de Emiliano Zapata, Tlaxcala.

Figure 1b. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in Emiliano Zapata, Tlaxcala.

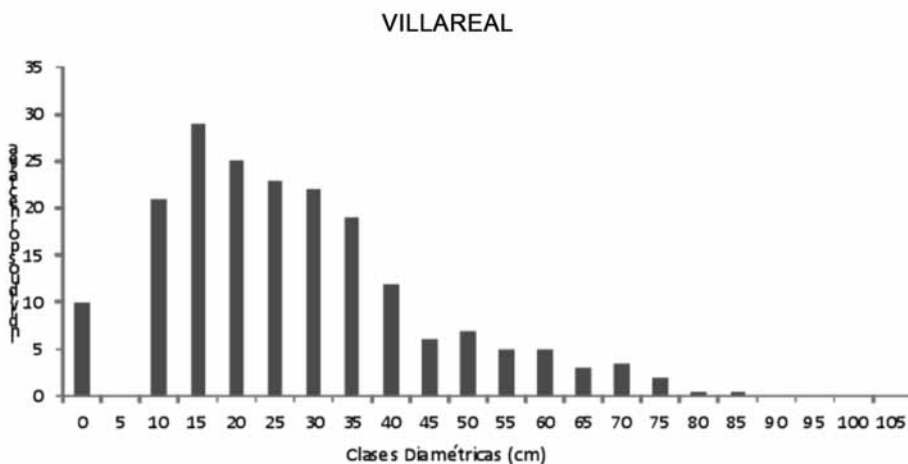


Figura 1c. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de Villarreal, Terrenate, Tlaxcala.

Figure 1c. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in Villarreal, Terrenate, Tlaxcala.

Las clases diamétricas de *P.seudotsuga menziesii* en las localidades de Puebla registraron una distribución muy similar a una J-invertida, aunque desbalanceada, con mayor presencia de individuos pertenecientes a las clases más pequeñas (figuras 2a, 2b y 2c). La población con mejor balance en su estructura fue la de La Caldera, pues en ella se cuantificaron individuos en casi todas las categorías diamétricas, aunque predominaron los ejemplares pequeños. Cuatexmola tuvo un buen balance, solo que careció de árboles de la categoría diamétrica más pequeña. En contraste, la localidad Tlalmotolo destacó como la población más desbalanceada, ya que prácticamente no presentó arbolado de *Pseudotsuga* en categorías mayores a 15 cm, pero sí una considerable densidad de individuos en las clases más pequeñas; lo anterior sugiere un reciente establecimiento de la especie en el rodal (figuras 2a, 2b, 2c, 2d).

The diametric structure in stands such as Zapata and Villarreal showed a similar tendency to that quoted for the species in Pinal de Amoles, Qro. (Domínguez *et al.*, 2004), but different to that observed in Tepehuanes, Dgo. (Nájera *et al.*, 1992) and Tlachichuca, Pue. (Vázquez, 2004). In the last locations it is usual to find diameters over 85 cm, which were determined in La Caldera. An outstanding feature in most of the referred studies is the almost absent *Pseudotsuga* samples in the lower diametric classes (under 10 cm), which confirms the regeneration problems of the species, a fact that has been noted in some other reports (Guerra-De la Cruz, 2001; Vázquez, 2004; Torres, 2006; Espinosa, 2008).



Figura 2a. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de La Caldera, Ixtacamaxtitlán, Puebla.

Figure 2a. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in La Caldera, Ixtacamaxtitlán, Puebla.

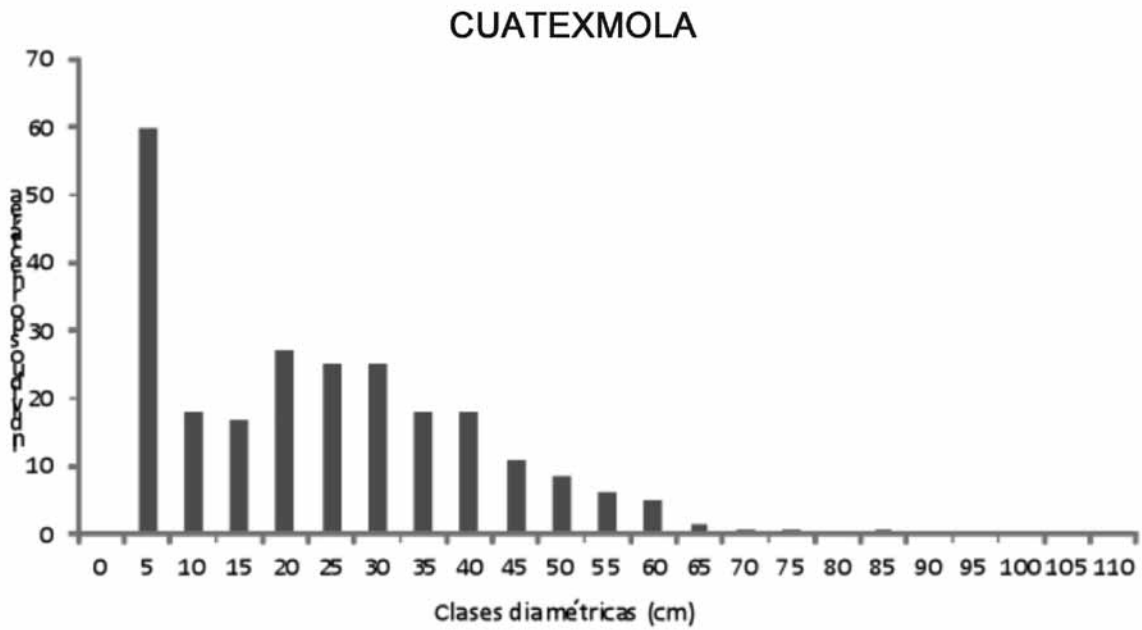


Figura 2b. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de Cuatexmola, Ixtacamaxitlán, Puebla.
Figure 2b. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in Cuatexmola, Ixtacamaxitlán, Puebla.

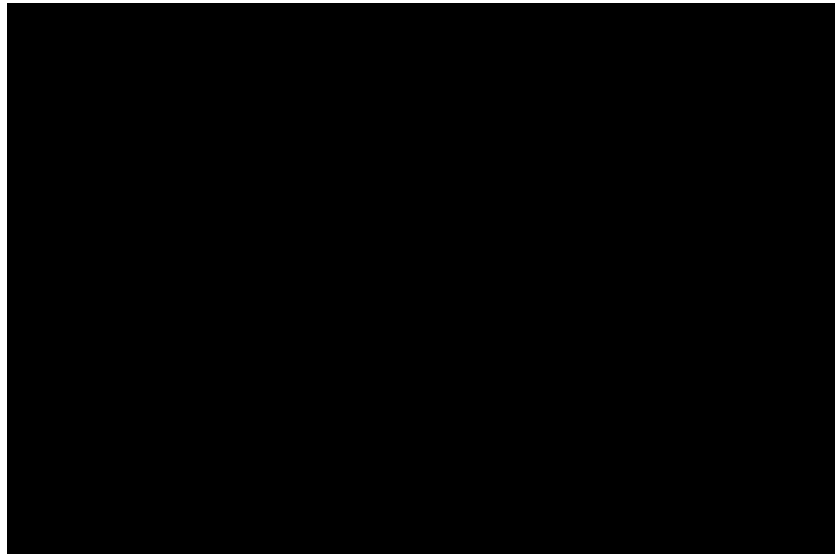


Figura 2c. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de Canoitas, La Fragua, Puebla.
Figure 2c. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in Canoitas, La Fragua, Puebla.

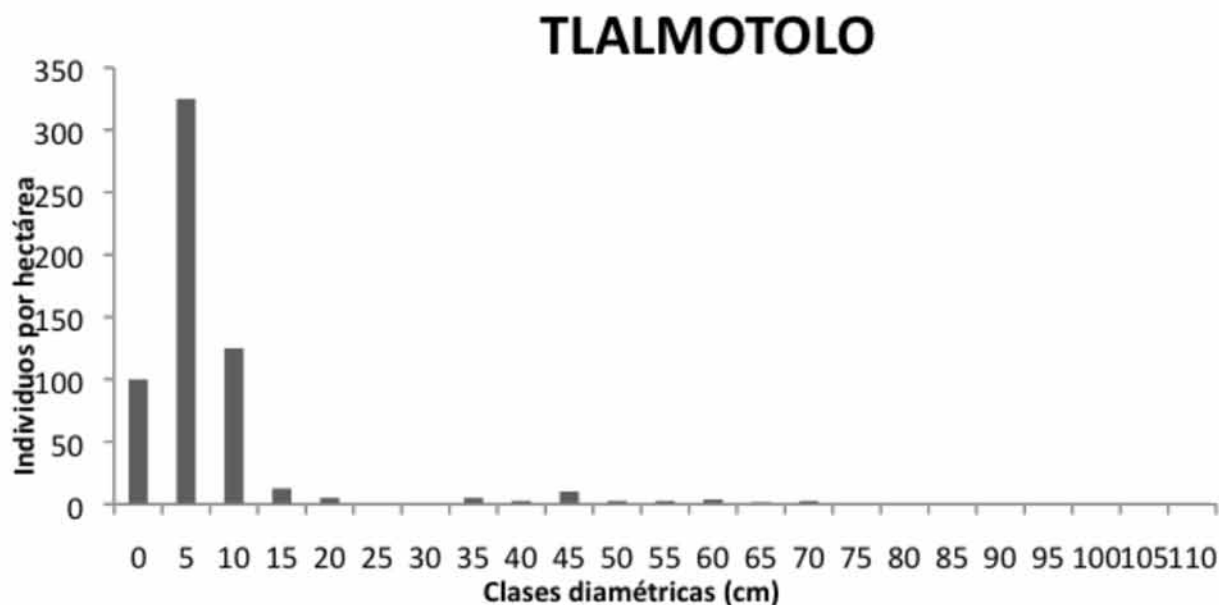


Figura 2d. Distribución de clases diamétricas de *Pseudotsuga menziesii* en la localidad de Tlalmotolo, Ixtacamaxitlán, Puebla.

Figure 2d. Diametric class distribution of *Pseudotsuga menziesii* in Tlalmotolo, Ixtacamaxitlán, Puebla.

La estructura diamétrica en rodales como Zapata y Villarreal mostró una tendencia similar a la citada para la especie en Pinal de Amoles, Oro. (Domínguez *et al.*, 2004), pero diferente a la observada en Tepehuanes, Dgo. (Nájera *et al.*, 1992) y Tlachichuca, Pue. (Vázquez, 2004). En las dos últimas localidades es común la existencia de diámetros superiores a 85 cm, los cuales solo fueron determinadas en la Caldera. Un rasgo notable en la mayoría de los estudios indicados es la casi ausencia de individuos de *Pseudotsuga* en las clases diamétricas inferiores (menores a 10 cm), lo cual evidencia los problemas que tiene la especie para el desarrollo de la regeneración, situación que ha sido señalada en otros trabajos (Guerra-De la Cruz, 2001; Vázquez, 2004; Torres, 2006; Espinosa, 2008).

Similitud entre localidades

Si se consideran tan solo los árboles de *Pseudotsuga menziesii*, la tendencia descrita en las distribuciones diamétricas se confirma con los valores del índice de similitud de Morisita, ya que Zapata-Villarreal sobresalieron como las poblaciones más similares, seguidas por La Rosa-La Caldera y Canoitas-Cuatexmola (Cuadro 5). En los dos primeros casos, el resultado es congruente con la cercanía geográfica de estos rodales, lo que puede explicar

Similitude among localities

If only the *Pseudotsuga menziesii* trees are taken into account, the tendency described in the diametric distributions is confirmed by the values from Morisita's similitude index, as Zapata-Villarreal are outstanding as the most similar populations, followed by La Rosa-La Caldera and Canoitas-Cuatexmola (Table 5). In the first two, the result is according to the geographic nearness of these stands, which might explain the similitude in terms of environmental aspects, which did not happen with Canoitas-Cuatexmola that are widely separated one from the other, in which case, the cause may be regarded to factors of human origin that determine the structure of each stand.

It is worth noticing that the diametric structure of *Pseudotsuga* in Canoitas (the most geographically distant stand) is not very different to the other locations; in contrast, Tlalmotolo (geographically in-between distance of most stands) shows the lowest similitude values with the rest of the sites. This might be due to the fact that this belongs to a stand where *Pseudotsuga* is dominant in the lowest diametric classes and, with absence of diametric categories over 30 cm.

la similitud en función de aspectos ambientales, no así para Canoitas-Cuatexmola que están muy separadas una de otra, en cuyo caso la causa puede atribuirse a factores de origen humano que determinan la estructura de cada rodal.

While making the comparisons based upon other softwoods, it is observed that the most similar stands are La Caldera-Tlalmotolo, La Caldera-Canoitas and Canoitas-Tlalmotolo, which are distant, which probably means that similarity is a response to the presence of

Cuadro 5. Índice de Similitud (Morisita) en estructura diamétrica de *Pseudotsuga menziesii* en localidades de Puebla y Tlaxcala.
Table 5. Similarity Index (Morisita) in diametric structure of *Pseudotsuga menziesii* in locations of Puebla and Tlaxcala.

	La Rosa	Zapata	Villarreal	La Caldera	Cuatexmola	Canoitas	Tlalmotolo
La Rosa	1	0.59964374	0.63569817	0.86587748	0.42594165	0.79832296	0.29400884
Zapata		1	0.93776321	0.58059735	0.70823533	0.50920512	0.11757506
Villarreal			1	0.63697387	0.69068190	0.63312179	0.16344873
La Caldera				1	0.65030817	0.85893487	0.55835108
Cuatexmola					1	0.78860307	0.63938664
Canoitas						1	0.67222342
Tlalmotolo							1

Es importante notar que la estructura diamétrica de *Pseudotsuga* en Canoitas (el rodal geográficamente más alejado) no es muy diferente a la de las otras localidades; en cambio, Tlalmotolo (distancia geográfica intermedia de la mayoría de los rodales) muestra los valores más bajos de similitud con los demás sitios. Esto puede deberse a que corresponde al rodal con dominancia de árboles de *Pseudotsuga* en las clases diamétricas más pequeñas y con, prácticamente, ausencia de las categorías diamétricas por arriba de 30 cm.

Al realizar las comparaciones basadas en otras coníferas, se observa que los rodales más similares son La Caldera-Tlalmotolo, La Caldera-Canoitas y Canoitas-Tlalmotolo, los cuales están distantes, por lo que es probable que la similitud responda a la importante presencia de *A. religiosa*, conífera (aparte de *Pseudotsuga menziesii*) más preponderante en casi todos los rodales, excepto en Villarreal (Cuadro 6).

A. religiosa, a more dominant conifer (in addition to *Pseudotsuga menziesii*) in almost all stands, except for Villarreal (Table 6).

On the other hand, it is notable a lesser similarity in the observed structure of conifers between Zapata-Villarreal, in spite of its geographic closeness, these populations share the presence of several species; however, its diametric structure is completely different.

The comparison based upon the diametric structure of broadleaves indicates a high similarity between La Rosa-Canoitas, La Rosa-Tlalmotolo and Zapata-Villarreal (Table 7). In the latter it is confirmed the similarity determined with the structure of *Pseudotsuga menziesii*, which strengthens the results of similitude.

The great difference (lower similitude values) that stands of La Caldera show in regard to other sites is outstanding, as a

Cuadro 6. Índice de Similitud (Morisita) en estructura diamétrica de coníferas en localidades de Puebla y Tlaxcala.
Table 6. Similarity Index (Morisita) in diametric structure of coniferous trees of locations in Puebla and Tlaxcala.

	La Rosa	Zapata	Villarreal	La Caldera	Cuatexmola	Canoitas	Tlalmotolo
La Rosa	1	0.69758957	0.6350579	0.67650032	0.04416518	0.45160704	0.69718529
Zapata		1	0.01104712	0.21035948	0.0396812	0.26085822	0.32366185
Villarreal			1	0.54528394	0.26707558	0.14859152	0.50374918
La Caldera				1	0.14413612	0.89326968	0.9317676
Cuatexmola					1	0.28649074	0.3401007
Canoitas						1	0.86748934
Tlalmotolo							1

Por otro lado, es notable la menor similitud en la estructura de coníferas observada entre Zapata-Villarreal, a pesar de su cercanía geográfica, estas poblaciones comparten la presencia de varias especies; sin embargo su estructura diamétrica es completamente diferente.

result of only having identified one oak species, that even if it is notable (high IVI value) it does not define the diametric structure of the location. In general terms, the similarity of the stands is in agreement with the geographic closeness of the populations. For example, Zapata and Villarreal are located at an average distance of 450 m and, therefore, they look alike in their

La comparación basada en la estructura diamétrica de latifoliadas indica una alta similitud entre La Rosa-Canoitas, La Rosa-Tlalmotolo y Zapata-Villarreal (Cuadro 7). En este último caso se reafirma la similitud determinada con la estructura de *Pseudotsuga menziesii*, la que da mayor consistencia a los resultados de similitud.

physiographic characteristics, altitude range from 2,700 to 3,000 m, annual average temperature from 5 to 12°C, annual average precipitation of 800 to 1,000 mm, with a prevailing North hillside and average slope of 65% (López-Domínguez, 2008). It is probably too, that the closeness among them and their ejido property regime, are subject to similar disturbs,

Cuadro 7. Índice de Similitud (Morisita) en estructura diamétrica de latifoliadas en localidades del centro de Puebla y Tlaxcala.
Table 7. Similarity Index (Morisita) in diametric structure of broadleaf trees of locations in central Puebla and Tlaxcala.

	La Rosa	Zapata	Villarreal	La Caldera	Cuatxmola	Canoitas	Tlalmotolo
La Rosa	1	0.64518859	0.71161413	0.09176319	0.78583827	0.98233394	0.94971433
Zapata		1	0.92607572	0.01201599	0.33508885	0.68269602	0.52406118
Villarreal			1	0.10111905	0.54108863	0.79610968	0.54290011
La Caldera				1	0.29468188	0.09793361	0.0103937
Cuatxmola					1	0.85222281	0.70501942
Canoitas						1	0.88995463
Tlalmotolo							1

Es notable la gran diferencia (valores de similitud más bajos) que presenta el rodal de La Caldera en relación con los otros sitios, como resultado de que solo se identificó una especie de encino, que si bien es importante (alto valor de IVI) no determina la estructura diamétrica en la localidad. En general, la similitud entre rodales es concordante con la cercanía geográfica de las poblaciones. Por ejemplo, Zapata y Villarreal se ubican a una distancia promedio de 450 m y, por tanto, se asemejan en sus características fisiográficas intervalo altitudinal (de 2,700 a 3,000 m), temperatura promedio anual de 5 a

that model diametric structures of *Pseudotsuga*. Natural and human disturbs in these stands would have a relation with the extraction of products from ejido owners. The same idea explains the observed similitude between La Caldera and La Rosa, two stands in private property with similar structures that come from a different use pattern, compared with that followed in ejidos. In spite of being rather close to the stand of Zapata (730 m) (López-Domínguez, 2008) in both there is a greater control in the exclusion of disturbs such as fires, felling, grazing, etc.



12°C, precipitación promedio anual de 800 a 1,000 mm, con predominancia de exposición norte y pendiente promedio de 65% (López-Domínguez, 2008). También es probable, que dada la cercanía entre ellos y su régimen de propiedad ejidal, estén sujetos a disturbios semejantes, que modelan las estructuras diamétricas de *Pseudotsuga*. Los disturbios naturales y de origen humano en estos rodales tendrían relación con la extracción de productos por parte de los ejidatarios. La misma idea explica la similitud observada entre La Caldera y La Rosa, dos rodales en propiedad privada con estructuras similares producto del patrón diferente de uso, en comparación con el practicado en los ejidos. A pesar de que están ubicados relativamente cerca (730 m) del rodal de Zapata (López-Domínguez, 2008) en ambos existe un mayor control en la exclusión de disturbios como incendios, tala, pastoreo, etc.

En resumen, las similitudes observadas en las distribuciones diamétrica de las poblaciones obedecen no solo a la cercanía geográfica, sino, quizás en forma más importante, a factores de disturbio parecidos que determinan el desarrollo de estructuras semejantes.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el Valor de Importancia de las especies, las siete localidades se consideran como comunidades dominadas por *Pseudotsuga menziesii-Quercus* sp., y en menor grado con presencia de otras coníferas.

Las estructuras diamétricas de *P. menziesii*, en casi todas las localidades, son muy irregulares y desbalanceadas, con déficit en las categorías más pequeñas, lo que reafirma la tendencia observada en otros estudios sobre los problemas de regeneración en la especie.

Los niveles de mortalidad e incidencia de tala pueden considerarse poco significativos en la estructura de los rodales estudiados, y se relacionan con la competencia y disturbios de origen humano.

La similitud en la estructura diamétrica puede estar relacionada con la cercanía geográfica de las poblaciones, pero es claro que los factores de disturbio naturales y antrópicos juegan un papel relevante en la modelación de sus distribuciones diamétricas. 🍃

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio forma parte del Proyecto de Investigación "Conservación y Mejoramiento Genético de *Pseudotsuga* spp. Conífera estratégica del estado de Tlaxcala y la región central del país" apoyada por el Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR con número de registro CONAFOR-2002-C01-6416.

In summary, the similarities observed in the diametric distributions of populations obey not only the geographic nearness, but, maybe, in a more important way, disturb factors rather close that determine the development of structures alike.

CONCLUSIONS

According to the Importance Value of species, the seven localities are considered as communities dominated by *Pseudotsuga menziesii-Quercus* sp., and in a lesser degree with the presence of other softwoods.

The diametric structures of *P. menziesii*, in almost all the locations, are very irregular and unbalanced, with a deficit in the smallest categories, which confirms the tendency observed in other studies about regeneration problems of the species.

The mortality levels and the felling incidence could be considered less significant in the structure of the studied stands and are related to the competence and disturbs of human origin.

The similitude in the diametric structure may be related to the geographic nearness of the populations, but it is clear that the natural and anthropic disturb factor play a relevant role in the modulation of their diametric distributions. 🍃

ACKNOWLEDGEMENTS

The actual study is part of the Research Project "Conservación y Mejoramiento Genético de *Pseudotsuga* spp. conífera estratégica del estado de Tlaxcala y la región central del país" sponsored by the Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR with registration number CONAFOR-2002-C01-6416.

End of the English version



REFERENCIAS

- Acevedo, R. 1998. Estudio sinecológico del bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco var. *oaxacana* Debreczy & Racz, en la zona de Santa Catarina Ixtepeji Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. DICIFO. Chapingo, Edo. de Méx. México. 92 p.
- Cornejo E., H. 1987. Aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en la sierra de la Marta, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila. México. 196 p.
- Debreczy, Z. and I. Racz. 1995. New species and varieties of conifers from Mexico. *Phytologia* 78: 217-243.
- Domínguez F., A. 1983. Una nueva localidad para *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Ciencia Forestal en México*. 45:3-6.
- Domínguez, F., J. Vargas, J. López, P. Ramírez y E. Guizar. 2004. Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de Amoles, Querétaro. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* 75(2): 191-203.
- Espinosa F., N. 2008. Evaluación de la regeneración natural en bosques de *Pseudotsuga menziesii* en el estado de Puebla. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Ixtacuixtla, Tlax. México. 61 p.
- Franco, J. 1989. *Manual de Ecología*. Editorial Trillas. México, D. F. México. 266 p.
- Franklin, J. F., H. H. Shugart and M. E. Harmon. 1987. Tree Death as an ecological process. *BioScience* 37:550-556.
- Gobierno del Estado de Tlaxcala. 2002. Decreto por el que se expide el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Estado de Tlaxcala. Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tlaxcala, 15 de agosto de 2002. pp. 3 - 25.
- Guerra-De la Cruz, V. 2001. Stand Structure and Dynamics of Isolated *Pseudotsuga* Forests in Southern North America. Ph. D. Dissertation. School of Forestry. Northern Arizona University. Flagstaff, AZ. USA. 92 p.
- Hermann, K. R. and D. P. Lavender, 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Silvics of North America*. Ciudad, estado. USA. pp. 527-538.
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), 2000. Síntesis geográfica del estado de Puebla y Anexo cartográfico. Aguascalientes, Ags. México. 124 p.
- López-Domínguez, J. C. 2008. Estructura Silvícola y dinámica de bosques de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el estado de Tlaxcala. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Ixtacuixtla, Tlax. México. 102 p.
- McComb, W. C., T. A. Spies and W. H. Emmingham. 1993. Douglas-Fir Forests. Managing for timber and mature-forest habitat. *Journal of Forestry* 91: 31-42.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memories Faculty Of Science Kyushu University Series E Biology* 3: 65-80.
- Nájera, F., E. Guizar, y A. Sánchez. 1992. Estudio ecológico de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en la unidad de administración forestal "Tepehuanes" Durango. *In: Ecología de especies forestales*. UACH. Boletín Técnico 26. pp. 29-37.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F. México 432 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo. México, D. F. México. 153 p.
- Spies, T. A. and J. F. Franklin. 1991. The structure of natural young, mature and old-growth Douglas-fir forests in Oregon and Washington. *In: Wildlife and vegetation of unmanaged Douglas-fir forests*. Gen. Tech. Rep. PNW-285 USDA-Forest Service Pacific Northwest Res. Sta. Portland, OR. pp. 91-109.
- Suárez, A. I. y T. F. Carmona. 1998. *Ecología General. Manual de prácticas*. Editorial Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 65 p.
- Torres, D. 2006. Evaluación de la regeneración natural de tres poblaciones de *Pseudotsuga* sp. en el estado de Tlaxcala. Tesis Profesional Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlax. México. 70 p.
- Vázquez, T. 2004. Caracterización ecológica de una localidad de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *glauca* (Beisn.) Franco, en el estado de Puebla. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. México. 53 p.
- Velasco-García, M. V., J. López-Upton, G. Ángeles-Pérez, J. Vargas-Hernández y V. Guerra-de la Cruz. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii*, en poblaciones del centro de México. *Agrociencia* 41:121-131.
- Ventura, R. A., J. López-Upton, J. Vargas-Hernández, y V. Guerra-De la Cruz. 2010. Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en el centro de México. Implicaciones para su conservación. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 33(2):107-116.



Vidal Guerra de la Cruz. Bosques de *Pseudotsuga* del Ejido de Paso Nacional, Municipio de Tlachichuca, Puebla.