

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA

Variación morfológica y anatómica en hojas y conos de  
ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México

Por:

Ricardo Santos García

TESIS

Presentada como requisito parcial para  
obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Variación morfológica y anatómica en hojas y conos de  
ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México

Presenta:

Ricardo Santos García

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

APROBADA

---

Presidente del Jurado  
M.C. Salvador Valencia Manzo

---

Primer Sinodal	Segundo Sinodal
M.C. José A. Villarreal Quintanilla	Ing. Celestino Flores López

---

Coordinador de la División de Agronomía  
M C. Mariano Flores Dávila

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 1998

El presente estudio forma parte del Proyecto de Investigación 02.03.0906. 2648 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro denominado "Conservación de coníferas con distribución restringida y en peligro de extinción, del Norte de México".

## DEDICATORIAS

*A mi madre:*

Sra. Emilia García Aquino

Con amor, respeto y admiración ya que eres el ser que más quiero, por darme la vida y enseñarme a apreciarla, por darme tu comprensión, confianza, paciencia y apoyo, por tus palabras de aliento en los momentos cuando más lo necesite.

A ti y a la persona que desde el cielo me ayuda y vela por mí en todo momento, mi padre Concepción García Mauriño (q.e.p.d) dedico este pequeño logro, producto de la lucha y sacrificio que realizaron por ver a su hijo dar un paso más en la vida.

*A mis Hermanos:*

Ana Elena Por que gracias a su apoyo y consejos he Mario y  
llegado a realizar una de mis más grandes

Francisco (Paco) metas, por compartir momentos de dicha y  
alegría, así como momentos difíciles los cuales fueron pasajeros al lado de  
nuestra unión.

*A mis sobrinos:*

Juan Antonio y Hugo Adrián Por ser parte de las personas que más  
Yuliana Liset y Francisco Jr. quiero y por compartir juntos el ser  
una

Yesmin del Socorro, Mario Jr., familia unida.

Daena Sughey y Ulises Concepción

*A mi familia:*

Por sus constantes consejos y palabras de aliento que me brindaron, en mi camino a la superación.

*A Karina Rivas Cortés:*

Por haber significado la inspiración y la gran ayuda moral que necesitaba para concluir mis estudios.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por haberme concedido el don de vivir de guiarme, orientarme e iluminarme por el buen camino de la vida y por darme la serenidad, para aceptar las cosas que no puedo cambiar, valor y optimismo para cambiar las que si puedo y la sabiduría para distinguir las diferencias.

De una forma muy especial a mi "ALMA TERRA MATER" por recibirme con los brazos abiertos y brindarme la oportunidad de cultivarme y superarme en su seno, para sobresalir en la vida... Muchas gracias.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo, por su amistad, darme su confianza, apoyo incondicional y tenerme una gran paciencia, para la realización del presente trabajo, bajo su asesoría y por las sugerencias para la mejor presentación del mismo.

Al Ing. Celestino Flores López, por disponibilidad que siempre mostró, consejos, así como por su valiosa colaboración para la realización de parte de este trabajo.

Al M. C. José A. Villarreal Quintanilla, por su amistad y consejos, así como la disponibilidad que siempre tuvo para la realización de parte de este trabajo.

A todos los maestros que conforman el personal docente de mi querido Departamento Forestal, que formaron en mí el respeto, la obligación y el valor para afrontar la realidad de las cosas, con sus conocimientos y experiencias que me brindaron para salir adelante. Así como al personal administrativo del mismo la Sra. Norma y el Futuro Ingeniero Forestal Gil Cabrera por el apoyo que me brindaron... Gracias.

Al Departamento de Botánica, especialmente a la señora Angélica Martínez Ortiz, laboratorista del Lab. de Anatomía Vegetal por su gran apoyo y ayuda en el trabajo de laboratorio.

A mis compañeros y amigos del dormitorio El Paraíso, Cuarto 6, por su apoyo y ayuda tanto en trabajo de campo, como en el trabajo de laboratorio, así mismo por sus palabras de ánimo que siempre me dieron; ellos son, Fernando Ramos Martínez, Jonás Flores Pereida, Rafael Altamirano Macías, Luis Pérez Jiménez, y especialmente a mi amigo Juan F. Meza Mencías.



A mis compañeros de la generación LXXXIV, en especial al equipo de trabajo en la mayoría de la especialidad, Salvador Aguilar Zuñiga, Héctor Baca Marín, Juan Pablo Ruíz Pérez, Francisco Mnuel Rodríguez Cardoso, María Cristina Zúñiga Barragán, así como a la familia Espinoza Sierra y a mi amigo y paisano Felimón Galíndo Santana (q.e.p.d), por los momentos que compartimos juntos, ya que su amistad y ayuda hizo más agradable mi estancia en mi Alma Mater.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	iii

INDICE DE FIGURAS .....	iV	
RESUMEN .....	V	
1 INTRODUCCION .....	1	1.1
.....	2	
1.2 Hipótesis .....	2	
2 REVISION DE LITERATURA .....	3	
2.1 <i>Pseudotsuga</i> .....	3	
2.1.1 Distribución y ecología .....	3	
2.1.2 Importancia .....	4	
2.1.3 Descripción botánica .....	5	
2.2 Variación natural .....	6	
2.2.1 Tipos de variación .....	7	
2.2.2 Niveles de variación .....	9	
2.3 Morfología .....	11	
2.3.1 Estróbilo .....	12	
2.3.2 Bráctea .....	12	
2.3.2 Hoja .....	12	
2.4 Anatomía .....	12	
2.4.1 Canales resiníferos .....	13	
2.4.2 Endodermis .....	14	
2.4.3 Ideoblastos .....	14	
2.4.4 Estomas .....	14	
2.5 Métodos de preparación anatómica .....	15	
3 MATERIALES Y METODOS .....	17	
3.1 Localidades de <i>Pseudotsuga</i> en estudio .....	17	
3.2 Trabajo de laboratorio .....	19	

Objetivos

3.1.1 Variables morfológicas .....	19	
3.1.2 Variables anatómicas .....	21	
3.3 Análisis estadístico .....	23	
4 RESULTADOS Y DISCUSION .....	28	
4.1 Normalidad .....	28	
4.2 Medidas de tendencia central y de dispersión .....	28	
4.3 Análisis de varianza y análisis de componentes de varianza .....	33	4.4 Análisis de
correlación .....	37	
4.4.1 Variables dasométricas y del sitio .....	37	
4.4.2 Variables morfológicas y anatómicas .....	38	
4.4.3 Variables morfo-anatómicas con variables dasométricas y del sitio .....	42	
4.5 Agrupación de localidades .....	44	5 CONCLUSIONES y
RECOMENDACIONES .....	51	
6 LITERATURA CITADA .....	54	
7 APENDICE .....	58	

## INDICE DE CUADROS

## Página

1. Características de localización de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México ..... 18
2. Características climáticas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México ..... 20
3. Componentes de los cuadrados medios esperados en el análisis de varianza de variables morfológicas y anatómicas de ocho localidades de *Pseudotsuga*, del Norte de México ..... 26
4. Valores de tendencia central y de dispersión para variables morfológicas y anatómicas de conos y hojas de ocho localidades *Pseudotsuga* del Norte de México..... 29
5. Valores promedio de algunas variablesde conos y hojas para cinco especies de de *Pseudotsuga* de acuerdo con Martínez (1949) ..... 32
6. Análisis de varianza y componentes de varianza para variables morfológicas y anatómicas y anatómicas de conos y hojas de ocho localidadesde *Pseudotsuga* del Norte de México ..... 34
7. Correlaciones entre las variables dasométricas de ocho localidades

de <i>Pseudotsuga</i> del Norte de México .....	38
8. Correlación entre variables morfológicas y anatómicas de ocho localidades de <i>Pseudotsuga</i> del Norte de México .....	39
9. Correlaciones entre las variables morfo-anatómicas con variables dasométricas y del sitio de ocho localidades de <i>Pseudotsuga</i> del Norte de México <i>Pseudotsuga</i> .....	43

## INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Esquema de las características de del cono, escamas y brácteas del cono así como de la hoja, indicando el lugar de medición de las variables morfológicas estudiadas de <i>Pseudotsuga</i> .....	22
2. Esquema de las variables anatómicas, de hojas evaluadas de .....	24
3. Agrupación por su paresido en variables morfológicas y anatómicas de de <i>Pseudotsuga</i> del Norte de México .....	45

*Pseudotsuga*  
ocho localidades

## RESUMEN

Con el objetivo de conocer la variación morfológica y anatómica en hojas y conos entre árboles y entre árboles dentro de localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México, se muestrearon de 10 a 15 árboles de manera selectiva por localidad, a una distancia mayor o igual de 50 m entre árboles, en ocho localidades del Norte de México; seis de Coahuila, una de Nuevo León y una de Durango.

Las variables que morfológicamente se estudiaron fueron, largo del cono, ancho del cono, número de escamas bien desarrolladas, largo de la bráctea, largo de la punta central de la bráctea, largo de la hojas y ancho de la hojas; las variables anatómicas fueron número de hileras de estomas, número de ideoblastos, número de canales resiníferos y número de células endodermales. Para lo cual se utilizó un diseño completamente al azar, con arreglo jerárquico o anidado. Los valores medios mostraron estar dentro de los límites señalados para el género *Pseudotsuga*, así mismo las variables que presentaron mayor coeficiente de variación fueron largo de la punta central de la bráctea y número de ideoblastos. Los componentes de varianza mostraron diferencias altamente significativas tanto entre localidades, como entre árboles dentro de localidades, para todas las variables, con lo cual se distinguieron cuatro casos, el primero con las variables, largo del cono, ancho del cono, largo de la bráctea y largo de la hoja presentaron mayor efecto de localidad; el segundo caso con las variables ancho de la hoja y número de ideoblastos, presenta un fuerte efecto de árboles dentro de localidad; como tercer caso las variables largo de la punta central de la bráctea y número de hileras de estomas, presentaron efecto tanto a nivel de localidad, como entre árboles dentro de localidad; y en último caso las variables número de escamas bien desarrolladas, número de canales resiníferos y número de células endodermales se le atribuyó el mayor porcentaje al error. El análisis de correlación mostró las correlaciones más altas para las variables del cono; las variables morfológicas de hojas se correlacionaron moderadamente, mientras que las variables que menos se correlacionaron y con valores bajos fueron las variables anatómicas como son número de canales resiníferos, número de ideoblastos y número de células endodermales. Por otra parte el dendrograma permitió presentar las localidades en cuatro grupos, encontrándose las localidades Sierra La Marta, Coah., Cerro Quemado, Coah., Sierra El Coahuilón, Coah. y Sierra La Viga, Coah., en el primer grupo; Cañón Jamé, Coah. y Cañón Los Lirios, Coah., en el segundo grupo; Cerro El Potosí, N.L., en el tercer grupo; y Sierra el Tarahumar, Dgo. en el cuarto grupo, la cual es la localidad que más se separó por sus características morfológicas y anatómicas y corresponde a la localidad más separada geográficamente. La variación entre los grupos de localidades se pudiera

atribuir básicamente a condiciones climáticas, también podría pudiera ser que existen diferentes especies en estos grupos, o bien que se trata de una sola especie con una variación considerable, lo cual refleja la variación encontrada en el presente estudio.

## 1 INTRODUCCION

Durante mucho tiempo el hombre ha utilizado los recursos forestales, sin preocuparse por conservarlos, menos aún por mejorarlos, originando que éstos se encuentren actualmente muy



degradados y en peligro de desaparecer. Tales recursos se encuentran en condiciones muy restringidas y en peligro de extinción muchas especies de importancia ecológica, económica, social y del punto de vista genético, ya que al desaparecer es imposible volver a recuperar dichos materiales.

Puesto que cada individuo posee características que lo hacen distintos a los demás y el hecho de estar adaptados a condiciones específicas de ambientes, hace que a partir de ellas, éstas se agrupen en especies y subespecies. Tal es el caso de las especies del género *Pseudotsuga* de las cuales pocos estudios sobre variación morfológica y genética se han realizado en México.

Actualmente las especies del género *Pseudotsuga* se declararon como raras y endémicas y con base en esto se establecieron medidas especiales en todo el territorio nacional (SEDESOL, 1994). Por lo cual, los estudios y medidas de conservación y protección deben adoptarse por todas aquellas instituciones relacionadas con el aprovechamiento y protección de este género.

De ahí la importancia de la realización del presente estudio, ya que los patrones de variación morfológica permiten asociar con la variación genética y con ésto generar información que puede ser importante para hacer énfasis en la situación de dicho género y con ello mejorar las propuestas de los planes de manejo para una mejor manera de conservación y aprovechamiento racional de estos recursos, tanto en sus poblaciones naturales, como por medio del establecimiento de bancos de germoplasma (Furnier, 1997).

## 1.1 Objetivos

El objetivo general de este trabajo fue determinar las diferencias morfológicas y anatómicas en características de hojas y conos entre diferentes localidades y entre árboles dentro de localidades de *Pseudotsuga*.

Los objetivos específicos fueron:

- a) Conocer la variación morfológica y anatómicas en hojas y conos entre localidades de *Pseudotsuga*.
- b) Conocer la variación morfológica y anatómica en hojas y conos entre árboles dentro de localidades de *Pseudotsuga*.
- c) Conocer la correlación existente entre las variables morfológicas y anatómicas de hojas y conos de *Pseudotsuga*.

## 1.2 Hipótesis

Las hipótesis nulas propuestas para este trabajo fueron:

Ho: No existen diferencias morfológicas ni anatómicas en hojas y conos, entre las diferentes localidades de *Pseudotsuga*.

Ho: No existen diferencias morfológicas ni anatómicas en variables de hojas y conos entre árboles dentro de localidades de *Pseudotsuga*.

Ho: No existe correlación entre las variables morfológicas y anatómicas en hojas y conos de *Pseudotsuga*.

## 2 REVISION DE LITERATURA

### 2.1 *Pseudotsuga*

De acuerdo con Rueda-Gaxiola, así como Rzedowski, Vela y Madrigal, en México los registros fósiles de *Pseudotsuga* datan del cretácico superior (90 millones de años) por lo que se tiene la teoría de que México es el centro de origen de este género (Domínguez, 1994).

Geográfica y climáticamente *Pseudotsuga* tiene un amplio rango de distribución que se ve fuertemente influenciado por factores históricos, jugando un papel muy importante para su establecimiento y desarrollo las condiciones microclimáticas que se dan por efecto de la fisiografía del terreno (Domínguez, 1994).

#### 2.1.1 Distribución y ecología

En México las comunidades de *Pseudotsuga* se presentan a lo largo de la Sierra Madre Occidental, desde Sonora y Chihuahua hasta Zacatecas, y en la Sierra Madre Oriental en las diferentes localidades montañosas de Coahuila y Nuevo León, así como en las partes más altas de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, y en una pequeña área del centro del Estado de Puebla (Rzedowski, 1978).

Existen bosques mixtos de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, de igual forma existen bosques puros de cada uno de estos géneros. En la Sierra Madre Occidental los bosques de *Pseudotsuga* son más frecuentes que los de *Abies* y ocupan sitios ligeramente menos húmedos que aquellos, por lo que

tiene un poco más continua su distribución dentro de las condiciones específicas propias de este género (Rzedowski, 1978).

Las poblaciones de *Pseudotsuga* en México se comportan ecológicamente igual que en el Oeste norteamericano y en otras partes del Hemisferio Norte, frecuentemente conviven con representantes del género *Abies*. Se distribuye naturalmente en altitudes que van de los 2000 a 3200 msnm, (metros sobre el nivel del mar) en sitios sombríos y húmedos, ocupa generalmente exposiciones Norte, en laderas de cañadas y barrancas o valles muy protegidos, que por lo general son superficies muy reducidas en medio de especies del género *Pinus*, en algunos casos se presenta como rodales mixtos, principalmente con *Pinus* y *Abies*; el área total que cubre este género en México probablemente no pasa de los 250 km<sup>2</sup> (Rzedowski, 1978). Por su parte, Domínguez (1994) señala que los límites altitudinales donde se distribuye este género es entre los 1500 y los 3600 msnm, donde los climas pertenecen a grupo Cw (templado subhúmedo), con precipitación media anual que oscila entre 250 y 1800 mm y temperatura media anual que varía de 4.5 a 20.8 °C; y la mayoría de los suelos donde crece son delgados, pedregosos, ácidos a ligeramente alcalinos.

### 2.1.2 Importancia

Dentro de las pináceas este género se considera un elemento importante en los bosques de coníferas ya que forma parte de la diversidad florística más importante del país, además de que se considera de gran importancia económica, ecológica, social y genética, dado que éstos son indispensables para la conservación de los ecosistemas, la preservación de los recursos acuíferos y la protección de la atmósfera, y que al desaparecer es imposible su recuperación; además la explotación de los bosques de este género es un factor importante en la economía en general tanto de México como de otros países (Vázquez, 1997).

Por otra parte, la continua interrupción del desarrollo de estas poblaciones restringidas por factores tales como, talas ilegales, daños a la regeneración, frecuentes incendios, plagas y enfermedades y otras causas que afectan considerablemente estos rodales sobre los que pocos estudios se han hecho y por consiguiente pocos conocimientos se tienen con respecto a dicho género (Domínguez, 1994).

Aunque especies como las del género *Pseudotsuga* son coníferas importantes dentro de los bosques templados subhúmedos, se les ha dado poco interés al conocimiento de la extensión, manejo y variación que existe dentro de su rango de distribución natural y entre su poblaciones. Por lo cual en términos generales es muy importante hacer énfasis en el estudio de la variedad de la vida que se expresa a nivel de genes especies y ecosistemas que constituye parte de lo que se conoce como biodiversidad, que debido a la alteración y destrucción de los hábitat naturales y a la sobreexplotación de muchas especies como las del género *Pseudotsuga* han originado la pérdida de esta diversidad biológica, lo que ha llegado a considerar como uno de los más grandes problemas ambientales. Por todo ésto la conservación de la diversidad de los recursos entre los que se encuentra *Pseudotsuga* requiere de asumir tareas de complejidad, como parte de estrategias de solución (Soberón *et al.*, 1997).

### 2.1.3 Descripción botánica

Los individuos de este género se describen como árboles de 12 a 40 metros de altura y de 35 a 70 cm de diámetro, con corteza de color grisáceo en árboles jóvenes y gruesa y áspera en adultos, dividida en placas escamosas; ramas dispuestas irregularmente o subverticiladas extendidas o algo levantadas formando una copa cónica en árboles jóvenes e irregular en los adulto y con el follaje más o menos ralo; hojas lineares rectas de 15 a 30 mm de largo, ápice redondeado, truncado algo agudo, margen entero y base más o menos torcida; yemas ovoides y agudas; plantas monoicas, con

las inflorescencias masculinas en forma de conitos axilares cilíndrico-oblongos, caedizos, de color rosado de unos 10 mm de largo; inflorescencias femeninas en forma de conillos terminales o axilares constituidos por escamas provistos de grandes brácteas; los conos femeninos maduros de forma ovoide, más o menos atenuados en la extremidad, solitarios, colgantes y caedizos, con pedúnculo corto, miden de 3.5 a 18 cm de largo, por 3 a 4 cm de ancho; escamas delgadas de ápice redondeado cada una de estas lleva dos semillas provistas de ala; la madera de estos árboles es de color blanco amarillento, es medianamente resistente y es utilizada en la construcción (Martínez, 1953; Rzedowski, 1978).

Estas características que identifican a este género son de interés, ya que son propias de él, y permite conocerlo, sin embargo es importante señalar que existe un pronunciado desacuerdo en relación a la taxonomía a nivel específico, respecto al género *Pseudotsuga*, puesto que mientras Martínez (1953) y algunos autores europeos reconocen cuatro especies para el territorio de la república, que son, *Pseudotsuga macrolepis*, *P. flahaulti*, *P. ginieri* y *P. rehderi* (Rzedowski 1978), la mayoría de los botánicos norteamericanos no distinguen si no sólo una, *Pseudotsuga menziesii* que es la que se distribuye en el país (Rzedowski y Calderón, 1979). Por otra parte García y González (1991) reportan esta misma especie, *Pseudotsuga menziesii*, para el Cerro El Potosí N. L., al igual que González *et al.* (1993) para Durango, mientras que Zavala y Méndez (1996) reportan para el Estado de Hidalgo la especie *Pseudotsuga macrolepis*.

Respecto a la producción de madera de *Pseudotsuga*, de manera legal se desconocen datos sobre la producción a nivel nacional; sin embargo, en el Estado de Chihuahua se reportan los mayores volúmenes de producción de esta madera, con cifras de 36,779 metros cúbicos por año, aproximadamente, distribuidos en varios ejidos y pequeñas propiedades (Domínguez, 1994).

## 2.2 Variación natural

La evolución es el resultado del cambio en la constitución genética de las poblaciones, que a través del tiempo dan origen a la diversidad de especies, en otras palabras, si no existieran las fuerzas evolutivas, no se diera la variación en los organismos, lo cual se vería reflejado tanto en las poblaciones como en las especies, ya que no tuviera efecto la diversidad de la vida (Furnier, 1997; Mettler y Gregg, 1972; De la loma, 1985).

La variación se define como las diferencias que se manifiestan en los individuos y que los hace ser distintos unos de otros. La existencia de esta variación en características morfológicas, anatómicas y/o fisiológicas en poblaciones de árboles que de manera general son genéticamente variables permiten identificarlos y separarlos en especies, subespecies e individuos, al mismo tiempo es fundamental debido a que les permite sobrevivir, crecer y reproducirse en las diferentes y numerosas condiciones ambientales que prevalecen durante una y muchas generaciones. Puesto que la variación es la heterogeneidad de los recursos, ésta resulta de mucho interés, ya que indica la diversidad de los mismos con que se cuenta o existen en la naturaleza, así mismo si se tiene control genético sobre ella, proporciona las herramientas indispensables para que se realicen estudios de mejoramiento genético forestal y de esta manera producir mejores genotipos que presenten características deseables y buena adaptación a las condiciones ambientales, así mismo se obtengan productos de más y mejor calidad y con esto considerables ganancias (Mettler y Gregg, 1972; Nienstaedt, 1990; Zobel y Talbert, 1988).

La variación observada en las poblaciones naturales de especies forestales se da por un gran número de causas, de las cuales existen algunas que se consideran la base de dicha variación como son: la mutación, el flujo génico (migración génica), la recombinación genética, la selección natural y la deriva genética (Zobel y Talbert, 1988).

### 2.2.2 Tipos de variación

Se puede decir que todas las diferencias que existen entre los árboles son resultado de las diferencias ambientales, genéticas así como de las interacciones entre el genotipo de los árboles y los ambientes en los cuales crecen éstos (Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética existe en los organismos vivos y es heredada en forma común en todas las especies, es compleja pero si se conoce su magnitud y tipo y se le utiliza adecuadamente, puede manipularse y con ello obtener buenas ganancias en algunas características de los árboles (Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética generalmente se divide en variación aditiva y variación no aditiva. La variación aditiva es la causada por los efectos acumulativos de los alelos en todos los loci determinantes de una característica. La variación genética no aditiva a la vez también se divide en dos tipos, la variación por dominancia que es aquella causada por la interacción de los alelos en un locus y la variación por epistasia, causada por la interacción entre loci (Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética aditiva tiene más y mejor utilización a diferencia de la no aditiva, debido a que la mayoría de las características de importancia económica están bajo algún grado de control genético aditivo. Aunque no se sabe de manera cuantitativa exactamente, parece ser que la mayoría de las características de adaptabilidad son heredadas significativamente en una forma aditiva (Zobel y Talbert, 1988)

Otro factor que puede influenciar fuertemente para que se presente la variación entre los árboles son las diferencias ambientales que se presentan en los diferentes sitios donde se desarrollan éstos. La variación ambiental se considera la causa más importante de variabilidad en algunas



características, especialmente relacionadas con el crecimiento, y aunque algunos factores ambientales, que afectan el crecimiento de los árboles pueden controlarse y manipularse, mediante la mayoría de las actividades silvícolas, para otros no es posible hacerlo, y aunque la forma del fuste del árbol y calidad de la madera también pueden ser afectadas notablemente, por lo general estas características en los árboles forestales tienden a ser ampliamente heredables y menos afectadas por el ambiente que las que las de crecimiento (Zobel y Talbert, 1988).

Dado que el ambiente no es fácil de controlar es muy importante conocer los niveles y patrones de variación que se dan por efecto de las condiciones ambientales, pues de esa manera es posible darse cuenta, qué procesos a realizar como eliminación de competencia, fertilización o drenaje pueden ayudar a corregirla, o bien para llevar a cabo estudios de mejoramiento genético forestal y desarrollar individuos que crezcan y se desarrollen satisfactoriamente bajo condiciones adversas o bien utilizar aquellas que ya existen en forma natural y que sean más tolerantes a este tipo de condiciones (Zobel y Talbert, 1988).

Otra condición a la que se debe dar mucha énfasis e importancia es lo que recibe comúnmente el nombre de interacción genotipo-ambiente, este término se emplea para describir la situación, los cambios y diferencias en determinados genotipos cuando se cultivan o encuentran establecidos en diferentes ambientes, ya que si se desea saber en relación a los estudios de mejoramiento, se debe tener conocimiento sobre dicha interacción, dado que es más probable que ocurran interacciones genotipo-ambiente sólidas cuando los ambientes difieren ampliamente. Esto dará como resultado la siembra de árboles en ambientes que difieren bastante de aquellos en los cuales las especies están mejor adaptadas (Zobel y Talbert, 1988).

### 2.2.3 Niveles de variación

La mayoría de las especies forestales poseen una gran variabilidad lo cual hace que existan en ellos varios niveles, que pueden agruparse de una manera amplia en: especies, orígenes geográficos (procedencias), entre rodales, entre sitios, entre árboles individuales y dentro de árboles individuales, entre los cuales existen algunos que se consideran de mayor importancia, debido a la significancia con que se manifiestan en algunas características de los individuos puesto que ésta es grande, si se tiene control genético sobre ella. Tal es el caso de la variación geográfica (o de procedencias) que consiste en las diferencias que se observan en individuos representantes de poblaciones separadas. Estas se ven reflejadas en una especie, principalmente en características relacionadas con la adaptabilidad (Zobel y Talber, 1988; Mettler y Gregg, 1972). Así por ejemplo, Hernández (1986) en un estudio de variación morfológica en acículas, conos y semillas de seis procedencias de *Pinus chiapensis* de Oaxaca y Chiapas, para lo cual evaluó 25 variables, encontró diferencias significativas entre las procedencias, en las variables, excepto para dos variables. Estas diferencias, de cierta forma, van a reflejar que tan adecuados fisiológicamente están los árboles, para sobrevivir satisfactoriamente, resistir a plagas y ambientes adversos que no son propios de ellos (Zobel y Talbert, 1988).

Así mismo la variación entre árboles dentro de rodales son las diferencias entre individuos que tradicionalmente se basan en caracteres anatómicos externos visibles, ya que generalmente esta variabilidad es grande en los árboles forestales (Metler y Greg 1972; Zobel y Talbert, 1988). Así por ejemplo, Beristáin (1992) estudió la variación en *Pinus greggii* de cuatro procedencias, analizó 16 características morfológicas de acículas en donde encontró diferencias altamente significativas entre árboles dentro de procedencias en las características evaluadas.

De la misma forma Clay (1967) en un estudio de variación fenotípica de las poblaciones naturales de alamo amarillo (*Liriodendron tulipifera* L.), en el que evaluó características de follaje,

fruto y semilla, dentro de las cuales en las características de follaje encontró diferencias altamente significativas entre y dentro de árboles.

Con base en esto Zobel y Talbert (1988) reportan que la mayoría de las características de importancia económica tales como la forma del árbol y calidad de la madera, presentan una gran variabilidad entre árboles individuales, aún cuando sean de la misma edad y crezcan juntos.

### 2.3 Morfología

Morfología significa, estudio de la forma tanto externa como interna de los individuos u organismos (Brauer, 1987). Las características morfológicas son aquellas que presentan los organismos de manera externa y que se pueden apreciar a simple vista, por lo que resulta fácil su evaluación. El conocer las características morfológicas propias de cada organismo, es importante, ya que al momento de estudiarlas permite diferenciarlos e identificarlos en relación a su especie. Al mismo tiempo el estudio de éstas características se consideran útiles y de importancia debido a que generan información, que permiten darse cuenta de el grado de diferencia que existe entre individuos de la misma especie, y que comúnmente tienen gran utilización en los programas de mejoramiento genético, en la taxonomía y en estudios de evolución (Brauer, 1987). Así por ejemplo, García y Equiluz (1986) al estudiar la variación de características morfológicas en rodales naturales de *Pinus maximartinezii*, encontraron diferencias altamente significativas entre árboles dentro de rodales en las variables morfológicas evaluadas.

En algunos estudios, algunas de las características morfológicas, que más se han estudiado de los individuos de una especie o población son: cono o estróbilo, bráctea, acículas, así como variables de la semillas entre otras. Diversos autores, por ejemplo Muñoz (1995) en *Pinus cembroides*, Romero (1995) en *Pinus duranguensis*, Cornejo (1992) en *Pinus greggii*, Morales

(1995) en *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi*, emplearon algunas de estas características para conocer la variación en diferentes niveles, como son entre procedencias, entre sitios, entre localidades y entre árboles dentro de localidades.

### 2.3.1 Estróbilo

El cono o estróbilo es la inflorescencia femenina madura, característica de las pináceas, la cual está conformada por un conjunto de órganos o segmentos (escamas), sobre las cuales se encuentran las semillas, éstas se encuentran dispuestas de manera ordenada, alrededor de un eje alargado y generalmente tiene una forma cónica; es de importancia taxonómica, debido a que es variable en color, forma y tamaño (Stramburger *et al.* 1965).

### 2.3.1 Bráctea

Las brácteas son hojas modificadas que nacen del pedúnculo de las flores de ciertas plantas. Dentro de las pináceas, en los géneros *Pseudotsuga* y *Abies* éstas se originan del pedúnculo o base de cada una de las escamas que forman la inflorescencia femenina (cono o estróbilo), las dimensiones de éstas varían entre géneros, ya que son características propias de cada uno de ellos (Vásquez, 1995).

### 2.3.1 Hoja

Las hojas son expansiones laminares del tallo donde se realiza la mayor parte de la fotosíntesis y la transpiración de las plantas (Villarreal, 1986). En las coníferas éstas son delgadas y

puntiagudas y/o agrupadas en fascículos por una vaina, para el caso particular del género *Pinus*. En otras pináceas, como es *Pseudotsuga*, se presentan de manera solitarias, sin vaina y dispuestas de manera desordenada sobre las ramas, lo cual es muy importante, ya que son características que le permiten diferenciarse de los demás géneros afines a él (Martínez, 1953).

#### 2.4 Anatomía

La anatomía estudia la disposición y morfología de las estructuras de los organismos. Las estructuras anatómicas son generalmente estudiadas internamente, por lo cual, para ser observadas es necesario hacer un corte o disección de una parte o estructura del organismo sobre el que se va a trabajar (Salvat 1971).

El estudio de características anatómicas es más completo, y más complejo dado que la evaluación de éstas generalmente es minuciosa y a nivel microscópico, por consiguiente en relación a la complejidad de este tipo de estudios, la información que se obtiene es más específica y completa, lo cual permite ver el grado de diferencia que existe entre árboles de una misma especie y más aún dentro de un mismo árbol.

El estudiar las características anatómicas simultáneamente con las morfológicas hacen más completo un estudio de variación, debido a que éste se profundiza más, como es el caso de un estudio de variación de características anatómicas y morfológicas, de poblaciones de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* en el cual se presentaron diferencias significativas entre árboles dentro de localidades en las características evaluadas (Morales, 1995).

Algunas de las características anatómicas sobre las que se han realizado estudios de variación son, canales resiníferos, endodermis (células endodermales), ideoblastos, estomas así

como otras variables, como lo han realizado diversos autores por ejemplo Beristáin (1992) y Santiago (1995) quienes estudiaron variables anatómicas semejantes a éstas.

#### 2.4.1 Canales resiníferos

Los canales resiníferos son espacios secretores intercelulares, que pueden encontrarse en cualquier parte de las plantas. Son de forma redondeados, alargados o canaliforme como en el caso de las coníferas. Se desarrollan entre células productoras de resina (epiteliales), en las cuales el epitelio que rodea al canal resinífero se realiza la excreción de gotitas de resina, que luego pasan al espacio, por lo que se les denomina "canales resiníferos"; estos funcionan como vía de desahogo de las células epiteliales dentro del metabolismo de dichas plantas (Padilla, 1987; Fahn, 1978).

#### 2.4.2 Endodermis

Esta es una estructura anatómica que consta de un cilindro de células que rodean al periciclo, es capa interior del cortex. Este cilindro ocupa la porción central de la raíz, al igual que en las hojas de las coníferas (acículas) y carece de espacios intercelulares. Con pocas excepciones se desarrolla en todas las plantas vasculares, en las que su función es fundamental, como eje de las estructuras donde se encuentra (tallo, raíz hoja etc.). Estas células, por encontrarse en la endodermis se les denomina células endodermales, las cuales durante su desarrollo primario presentan el mayor crecimiento de estas estructuras (Esau, 1972; Fahn, 1978).

#### 2.4.3 Ideoblastos

Los ideoblastos, son cuerpos translúcidos y duros, de forma asimétrica; suelen observarse en el interior de las hojas en el tejido lagunoso (Martínez, 1949). Dentro de las estructuras

secretoras, los ideoblastos son células parenquimáticas especializadas en las que se presentan verdaderas secreciones de manera indefinida y en las que se acumulan aceites esenciales, bálsamos, resinas, etc; son células marcadamente diferenciadas de las restantes constituyentes del mismo tejido en forma, estructura y contenido, dichas células funcionan como vasos de jugo vital y son propias de las coníferas (Esau,1972; Fahn,1978).

#### 2.4.4 Estomas

Los estomas se definen como aberturas o poros; espacios intercelulares entre dos células epidérmicas especializadas, llamadas guardas (Padilla, 1987). Son zonas profundas de algunos tallos, las hojas y todas las partes verdes de la plantas que poseen clorofila, a través de las cuales se realiza la comunicación de la epidermis con el ambiente, el intercambio de gases y otros procesos importantes como la fotosíntesis, los cuales son fundamentales en el metabolismo de las plantas (Gola *et al.*, 1965).

Los estomas se originan por la división epidérmica, están unidos y se presentan en la superficie abaxial y en números considerables. En las coníferas se disponen según filas paralelas o longitudinales, en cambio en hojas con venación reticulada los estomas se hallan dispersos de manera desordenada (Esau, 1972; Gola *et al.*, 1965).

Estas características anatómicas que se observan generalmente de manera interna se les denomina características menores y son de importancia dentro de los estudios de variación, ya que de acuerdo con Calamassi *et al.* (1988) a través de este tipo de estudios es posible distinguir las poblaciones de especies, considerando estas características.

#### 2.5 Métodos de preparación anatómica

Resulta de interés e importancia saber que en cortes transversales de una hoja se puede notar de afuera hacia dentro estructuras como la epidermis, el hipodermo, el colénquima o tejido verde, los canales resiníferos, el endodermo y otras estructuras. Sin embargo, las técnicas para observar estructuras anatómicas en especies de coníferas no se conocen muchas; la que ha dado buenos resultados es la recomendada y hecha por Martínez (1948), que consiste de manera general en poner las hojas a hervir en agua durante 5 o 10 minutos, luego se hacen cortes transversales de la parte media de la hoja, con una navaja de rasurar, lo más delgadas que sea posible, se colocan en un portaobjetos sobre una

gota de ácido láctico, enseguida se calienta la gota acercando el vidrio a una flama de alcohol hasta que hierva el ácido y empiece a emitir humos, y al enfriarse queda lista para la observación.



### 3 MATERIALES Y METODOS

Debido al desacuerdo que existe entre los taxónomos, en lo referente al nombre de la o las especies del género *Pseudotsuga* presentes en México, para fines de este trabajo se ha decidido utilizar la denominación de *Pseudotsuga*.

#### 3.1 Localidades de *Pseudotsuga* de estudio

El presente estudio comprendió ocho localidades; seis de Coahuila, una de Nuevo León y una de Durango (Cuadro 1). (ver archivo Cuad1y2.doc) Primeramente se buscó información con personas que conocen los bosques de la región y que saben respecto a lugares o áreas donde existen poblaciones naturales del género *Pseudotsuga*. Posteriormente con apoyo de cartas topográficas escala 1:50,000 se ubicaron los puntos y las coordenadas geográficas de cada una de las localidades para realizar la colecta de las muestras botánicas (conos y ramillas).

Para cada localidad se registró, en el campo, algunas características fisiográficas tales como, la altitud, pendiente y exposición; y con apoyo de cartas de información geográfica, se obtuvo el tipo de roca, tipo de suelo, tipo de vegetación (Cuadro 1).(Ver archivo Cuad1y2.doc) Además cabe señalar que para el caso de la exposición se tomaron valores de ponderación los cuales se explican claramente en el Apéndice.

La información climática, para cada localidad, primeramente se obtuvo la temperatura media anual y la precipitación promedio anual, con ayuda de una carta climática (SPP, s/f), tomando las lecturas de isoyetas e isotermas que pasaban por o cerca de los sitios de colecta, también se obtuvieron las precipitación y temperatura medias por períodos, mayo-octubre y noviembre-abril, ésto con apoyo de cartas de efectos climáticos (INEGI, 1987, 1990), por otra parte se obtuvo el tipo de climas según koppen adaptado por García, para cada localidad donde se colectó material, con apoyo del Atlas del Medio Físico (SPP, 1981). A su vez, se obtuvieron los datos de tipo de roca, tipo de suelo, y vegetación que existe en cada una de las localidades, por medio de cartas edafológicas, geológicas y de uso del suelo, como se muestran en el Cuadro 2. (Ver archivo Cuad1y2.doc).

La colecta de conos y ramillas se realizó en forma manual utilizando para ello gancho y garrocha corta conos, seleccionando aquellos árboles que presentaran buenas características fisonómicas, sanos y fácilmente accesibles. El muestreo de los árboles se llevó a cabo en forma selectiva considerando una distancia mayor o igual a 50 metros para reducir la probabilidad de parentesco entre árboles, el número de individuos muestreados fue de 10 a 15 árboles por localidad.

Posteriormente las muestras botánicas se depositaron en bolsas de papel de 20 x 40 cm y bolsas de plástico de 40 x 60 cm, previamente etiquetadas y fueron trasladadas al Departamento Forestal de la Universidad (UAAAN) para llevar a cabo posteriormente el trabajo de laboratorio.

### 3.2 Trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio se dividió en dos etapas. La primera consistió en la medición de las variables morfológicas y se realizó en un laboratorio del Departamento Forestal; la segunda etapa consistió en la cuantificación de algunos elementos de variables anatómicas y ésta se realizó en el Laboratorio de Anatomía Vegetal, del Departamento de Botánica, de la Universidad.

#### 3.2.1 Variables morfológicas

Las variables morfológicas evaluadas en el presente trabajo fueron: largo de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH), largo del cono (LC), ancho del cono (AC), número de escamas bien desarrolladas (NEBD), longitud de brácteas (LB) y longitud de la punta central de la brácteas (LPCB).

Para la medición de las primeras características (largo de la hoja (LH), ancho de la hoja (AH)) se utilizó un pie de rey (con aproximación a décimas de milímetros), para lo cual se tomaron

10 hojas al azar de cada una de las ramillas del último crecimiento que presentaban éstas, por cada uno de los árboles de las localidades, se hidrataron en un vaso de precipitado utilizando agua destilada y calentando hasta hervir durante 5 a 10 minutos en una parrilla eléctrica para obtener la turgencia perdida durante el almacenamiento y así eliminar el exceso de resina presente en las hojas.

Para medir el largo del cono(LC) y el ancho del cono (AC) se seleccionaron 5 conos al azar, utilizando para ello el pie de rey (con aproximación a décimas de milímetros, el largo se obtuvo midiendo de la base a la punta del cono y el ancho de la parte media del mismo, para ésto es importante mencionar que la medición se hizo con los conos abiertos. Para cuantificar el número de escamas bien desarrolladas (NEBD) se tomaron los mismos 5 conos de cada árbol de las muestras de las diferentes localidades. Para evitar confusiones y realizar una mejor cuantificación se señalaron con un marcador las escamas bien desarrolladas o fértiles. Posteriormente a estos conos seleccionados se les extrajo diez brácteas por cono, tomándose en forma aleatoria. A cada bráctea seleccionada se le midió su longitud (LB), de la base al nivel de las dos puntas laterales y además se midió la longitud de la punta central de la bráctea (LPCB), ésta fue, de la base a la punta central de la bráctea Figura 1. (Ver archivo Fig1y2.doc)

### 3.2.2 Variables anatómicas

Las variables anatómicas evaluadas en el presente estudio fueron: número de hileras de estomas (NHE), número de canales resiníferos (NCR), número de ideoblastos (NI) y número de células endodermales (NCE).

Se utilizó la técnica del ácido láctico, de acuerdo con lo señalado por Martínez (1948) para especies de pinos y de otras coníferas, donde a las hojas seleccionadas, se les realizaron cortes

transversales con una navaja (hoja de rasurar) a la mitad de cada hoja, procurando obtener tajadas lo más delgadas posibles y así ser colocados en un portaobjetos, sobre una gota de ácido láctico. Enseguida se calentó la gota de ácido láctico, acercando el portaobjetos con los cortes y el ácido a una flama de alcohol, producida por un mechero de vidrio, hasta que el ácido hirvió, hizo ebullición y emitió vapores.

Aunque cabe señalar que para ésto al momento de realizar las observaciones se probó con el mismo procedimiento, pero utilizando agua destilada en lugar de ácido láctico sin obtener buenos resultados, ya que las variables a estudiar no se veían con claridad y se dificultaba su cuantificación, por lo que se llevó a cabo el procedimiento señalado.

Una vez que se tuvieron las muestras montadas sobre el portaobjetos, se procedió a observar y cuantificar las estructuras anatómicas, las cuales se muestran y señalan en la Figura 2, (Ver archivo Fig1y2.doc) apoyándose para ésto de un microscopio compuesto, observando con un ocular de aumento a 40x. Estas observaciones se realizaron en muestras de diez hojas por árbol en diez árboles, tomados al azar, al igual que las hojas, ésto para cada una de las procedencias consideradas en el presente estudio.

Todos los datos obtenidos fueron registrados en hojas de codificación durante el trabajo de laboratorio.

### 3.3 Análisis estadístico

Los datos se registraron y se analizaron en una computadora, utilizando para ello el paquete estadístico SAS versión 6.04 (Statistical Analysis System).

Se realizó un análisis de normalidad para ver la distribución que presentan los datos de las muestras colectadas de cada variable en cada una de las localidades. También se realizaron análisis de varianza y análisis de componentes de varianza, para cada una de las variables consideradas, con base en el modelo de efectos anidados (Snedecor y Cochran, 1981) el cual es un modelo que tiene amplia utilización en este tipo de estudios donde cada muestra puede estar compuesta de submuestras y ésta a su vez pueden submuestrearse (Zobel y Talbert, 1988), como en el presente estudio, el cual se simboliza de la siguiente manera.

$$Y_{ij} = \mu + P_i + A_{i(j)} + E_{i(jk)}$$

$$i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots l$$

$$j = 1, 2, 3 \dots \dots \dots a$$

$$k = 1, 2, 3 \dots \dots \dots m$$

$l = 8$  localidades

$a = 10-15$  árboles, (cinco localidades con 15 árboles; una con 14 árboles y dos con 10).

$m =$  de 5-10 muestras, (cinco en conos; 10 en brácteas y 10 en hojas)

Donde:

$Y_{ij} =$  Valor de la observación

$\mu =$  Efecto de la media general

$P_i =$  Efecto de la  $i$ -ésima localidad

$A_{i(j)} =$  Efecto del  $j$ -ésimo árbol dentro de la  $i$ -ésima localidad (error experimental)

$E_{i(jk)}$ = Efecto de la  $k$ -ésima muestra en el  $j$ -ésimo árbol de la  $i$ -ésima localidad (error de submuestreo).

Con este modelo se obtuvieron los componentes de varianza, para el efecto de localidad así como el efecto de árbol dentro de localidad.

Con respecto al modelo utilizado, en el Cuadro 3, se pueden ver los componentes de los cuadrados medios esperados de cada uno de los análisis de varianza.

Cuadro 3. Componentes de los cuadrados medios esperados en el análisis de varianza de características morfológicas y anatómicas de *Pseudotsuga*, a nivel tanto de localidad como de árboles dentro de localidad.

F.V.	G.L.	C.M.	C.M.E.
Loc	$l-1$	CM loc	$\sigma^2 e + k_1(\text{Arb}(\text{loc})) + k_2 \sigma^2(\text{Loc})$
Arb(loc)	$\sum(n_i-1)$	CM Arb(loc)	$\sigma^2 e + \sigma^2(\text{Arb}(\text{loc}))$
Error	$\sum \sum \sum (m-1)$	CM error	$\sigma^2 e$

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; C.M.= Cuadrados medios; C.M.E.= Cuadrados medios esperados; Loc= Efecto de localidad;  $l$ = Localidad; CM loc= Cuadrados medios de localidad;  $\sigma^2 e$ = Varianza del error;  $K_1$ = Media armónica del número de árboles por localidad;  $K_2$ = Media armónica del número de muestras y número de árboles entre localidad;  $\sigma^2 \text{Loc.}$ = Varianza de localidad; Arb(Loc)= Efecto de árboles dentro de localidad;  $n_i$ = Número de árboles dentro de localidad; CM Arb(loc)= Cuadrados medios de árboles dentro de localidad;  $\sigma^2 \text{Arb.}(\text{Loc.})$ = Varianza de árboles dentro de localidad; C.M. error= Cuadrados medios del error.

Las fuentes de variación que se consideraron en el presente estudio fueron: localidades (L), árboles dentro de localidades (Arb(Loc)) y el error (e) (Cuadro 3). De esta manera se pudo conocer la fuente de variación que tuvo más influencia sobre la varianza total.

Se hizo una estimación del coeficiente de correlación entre las variables analizadas utilizando 80 observaciones por variables, excepto para dos variables (largo del cono y ancho del cono) en que se utilizaron 40 observaciones. Así mismo se estimó el grado de correlación existente entre las variables morfológicas y anatómicas de hojas y conos con las variables dasométricas de cada localidad, lo cual se hizo con la finalidad de determinar el grado de asociación entre los dos grupos de variables.

Se realizó un análisis de conglomerados generando un dendrograma de agrupamiento o cluster utilizando valores estandarizados de los promedios de los datos, con la finalidad de conocer el grado de similitud o parecido entre las diferentes localidades colectadas, con base en las características morfológicas y anatómicas evaluadas. Para la realización de dicho análisis de agrupamiento se utilizó procedimiento del paquete estadístico SAS, los resultados se graficaron con base en la distancia euclidiana que alcanzaron cada una de las localidades.



## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Normalidad

De acuerdo con la distribución gráfica de los datos de las 11 variables en estudio, se pudo notar que todas las variables presentaron una distribución normal, excepto la variable número de canales resiníferos (NCR), la cual presentó un valor casi constante, por lo que para esta variable puede decirse que prácticamente no existe variación entre localidades ni entre árboles dentro de localidades.

Los análisis de varianza tienen como uno de sus fundamentos la distribución normal, de manera que cuando no se presenta ésta, la interpretación del análisis puede carecer de valor (Infante y Zarate, 1991). Sin embargo, se pueden realizar los análisis de varianza para utilizar la esperanza de los cuadrados medios esperados, como lo señala, Salazar (1983).

#### 4.2 Medidas de tendencia central y de dispersión

En el Cuadro 4 (Ver archivo Cuad4a9.wp) se presentan los valores promedio general para cada una de las variables analizadas, así como los valores de dispersión: mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación.

Respecto a las variables del cono, se observa lo siguiente. El promedio de largo de cono (LC) es 46.36 mm, con valores mínimo y máximo de 26 mm y 73.1 mm, respectivamente. A su vez, el ancho de cono (AC) presenta un promedio de 28.98 mm, con valores mínimo y máximo de 16.7 mm y 41.9 mm, respectivamente. Por su parte el número de escamas bien desarrolladas (NEBD) muestra un promedio de 22.27, con mínimo y máximo de 12 y 39, respectivamente. En el caso de el largo de la bráctea (LB) el valor promedio fue de 19.65 mm, con mínimo y máximo de 12.6 y 29.4 mm, respectivamente. Mientras que el largo de la punta central de la bráctea (LPCB) presentó un valor promedio de 2.87 mm, con mínimo y máximo de 1 y 8 mm, respectivamente.

Respecto a las hojas, se puede notar para la variable largo de hoja (LH) presenta un promedio de 21.43 mm, con mínimo y máximo de 13.5 y 31 mm, respectivamente. Por su parte, el ancho de hoja (AH) muestra un valor promedio de 1.38 mm, con valores mínimos y máximos de 1 y 2.20 mm, respectivamente. Mientras que el número de hileras de estomas (NHE) presentó un promedio de 12.37, con valores de mínimos y máximo de 8 y 19, respectivamente. A su vez la variable número de canales resiníferos (NCR) presenta un promedio de 1.98, con mínimo y

máximo de 0.0 y 2, respectivamente. En el caso de el número de ideoblastos (NI) muestra un valor promedio de 2.03 y un mínimo y máximo de 0.0 y 6, respectivamente. A su vez el número de células endodermales (NCE) presenta un promedio de 18.92, con mínimo y máximo de 14 y 26, respectivamente.

Dado que el interés se encuentra en analizar la variación anatómica y morfológica, resulta de interés observar los valores del coeficiente de variación (C.V.), para todas las variables analizadas. Así, por ejemplo, se observa que dos variables presentan valores menores de 10%, éstas son el número de canales resiníferos (NCR) (8.12%) y el número de células endodermales (NCE) (9.22%); a su vez, dos variables presentan valores superiores de 20%, éstas son longitud de la punta central de la bráctea (LPCB) (38.87%) y número de ideoblastos (NI) (52.59%); las demás variables presentan valores entre 10% y 20%.

Con base en el coeficiente de variación de las variables analizadas, se reconoce que existe desde una baja (8.12%) hasta una moderadamente alta (52.59%) variación, que permite explorar el efecto tanto de localidad, como de árboles dentro de localidad, ya que dicha variación es reflejo global de estos dos efectos, así como de otros no considerados en el presente trabajo. Debido a que las variables que presentan mayor variación son las que más fácilmente se pueden utilizar para trabajos como el presente, dado que se trata de medir la magnitud y nivel de dicha variación, asimismo cuantificar la participación de cada una de las fuentes de variación en estudio y de ser posible asociar dicha variación con factores ambientales y/o genéticos (Beristáin, 1992).

Por lo tanto, en primera instancia, las variables de estudio que parecen tener mayor importancia son número de ideoblastos (NI) y largo de la punta central de la bráctea (LPCB), siguiéndole en orden descendente, el largo del cono (LC), número de escamas bien desarrolladas (NEBD), ancho del cono (AC), largo de la bráctea, el número de hileras de estomas (NHE), el largo

de la hoja (LH), el ancho de la hoja (AH) y en último término tanto el número de células endodermales (NCE) como el número de canales resiníferos (NCR).

La mayoría de las variables en estudio presentan una amplia y útil variación, de manera semejante que en otros estudios como el de Beristáin (1992) quien encontró diferencias altamente significativas en 15 de 16 características de acículas analizadas para *Pinus greggii* de Coahuila, Hidalgo y Querétaro. Sin embargo, debe tenerse presente que no siempre las variables de mayor variación en una especie lo son en otra. Así por ejemplo, mientras en el presente estudio el número de canales resiníferos es de muy poca utilidad, esta misma variable presenta una amplia variación en las acículas de *Pinus cooperi* (Morales, 1995).

Tomando en cuenta que respecto a el género *Pseudotsuga* existe una gran controversia, en relación a la especie o especies que existen en México, para el presente estudio se ha considerado solo como *Pseudotsuga*, ya que mientras que autores como Martínez (1949) reporta para el país cuatro especies, que son *Pseudotsuga flahaulti*, *P. guinieri*, *P. macrolepis* y *P. rehderi*; Rzedowski y Calderón (1979) de acuerdo con los botánicos norteamericanos señalan que en México la única especie que se distribuye es *Pseudotsuga mensiezii*. de igual González *et al.* (1993) reporta para Durango esta misma especie.

Al obtener estos resultados de las variables analizadas, en el presente estudio se puede decir que éstos podrían ser de gran utilidad, dado que pueden servir como punto de apoyo, para que por medio de estudios taxonómicos se puedan aclarar un poco más las dudas relacionadas con la especie o especies de *Pseudotsuga* que se distribuyen y existen en el territorio nacional, con base en las características que sirven para diferenciar a las especies de acuerdo con Martínez (1949) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores promedio de algunas características de conos y hojas para cinco especies de *Pseudotsuga* de acuerdo con Martínez (1949).

Variable	<i>Pseudotsuga macrolepis</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pseudotsuga ginieri</i>	<i>Pseudotsuga taxiflia</i>	<i>Pseudotsuga macrocarpa</i>
LC	55-70-80 mm	40 - 80 mm	25 - 35 mm	40- 70 mm	130 - 185 mm
AC	35 - 40 mm	30 - 40 mm	20 mm	30 mm	-----
NEBD	25 - 30	25 - 30	30	-----	40 - 50
LB	27 -30 mm	30 mm	30 mm	30 mm	-----
LPCB	5 mm	-----	-----	-----	5 - 6 mm
LH	12 - 25 mm	15 - 25 mm	15 - 25 mm	16 - 27 mm	20 - 25 mm
AH	1.25- 1.40 mm	-----	1.40-1.50 mm	1.50 mm	1.5 - 2 mm
NHE	7-12/lado	6 - 8/lado	5 - 7/ lado	11-12/lado	5-6 / lado

LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Largo de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= Ancho de la hoja; NHE= Número de hileras de estomas.

#### 4.3 Análisis de varianza y análisis de componentes de varianza

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza y el análisis de componentes de varianza (Cuadro 6), (Ver archivo Cuad4a9.wp) se observa que para todas las variables hubo

diferencias altamente significativas ( $P > F$  calculada, menor a 0.01) tanto para el efecto de localidad (L) como para el efecto de árboles dentro de localidad (A(L)). Por lo tanto se rechazan las hipótesis nulas que se establecieron al principio del trabajo y se puede afirmar con un 99% de confiabilidad que existen diferencias en las variables anatómicas y morfológicas de hojas y conos entre localidades y entre árboles dentro de las localidades estudiadas de *Pseudotsuga* del Norte de México (En el Apéndice 3 se presenta la separación de medias entre localidades, para cada variable). (Ver archivo Cuad4a9.wp) Cabe señalar que la afirmación anterior no es válida para la variable número de canales resiníferos (NCR), dado que dicha variable no presentó normalidad y la interpretación del análisis de varianza podría ser no válida.

Para conocer el efecto de cada fuente de variación estudiada (localidad y árboles dentro de localidad), se recurre a la esperanza de los cuadrados medios, donde la manera más fácil de interpretarlos es a través de los componentes de varianza estimados en porcentaje (Cuadro 6), en los cuales se muestra en que cantidad participa cada fuente de variación a la varianza total observada. Así se tiene que con base en dichos componentes de varianza para cada una de las variables, es posible agrupar la respuesta de las variables estudiadas en cuatro casos, como se muestra enseguida.

El primer caso es para las variables largo del cono (LC), ancho del cono (AC), largo de la bráctea (LB) y largo de la hoja (LH) en las cuales el mayor efecto se presentó entre localidades (L) (35 a 55%), siguiéndole árboles dentro de localidades A(L) (28 a 36%), siendo el más bajo el error (E) (11 a 31%).

El segundo caso corresponde a las variables longitud de la punta central de la bráctea (LPCB) y el número de hileras de estomas (NHE), en las cuales el mayor porcentaje de variación se

presentó a nivel de localidad (L) y a nivel de error (E) con valores similares (33 a 38%), siendo en este caso el valor más bajo a nivel de árboles dentro de localidades A(L), (26 a 28%).

El tercer caso es para las variables ancho de la Hoja (AH) y número de ideoblastos (NI), donde la mayor fuente variación se presentó entre árboles dentro de localidades A(L) (50 a 64%), siguiéndole el error (E) (32 a 43%), siendo el más bajo a nivel de localidades (L) (3 a 6%).

Finalmente el cuarto caso se presenta en las variables número de escamas bien desarrolladas (NEBD), número de canales resiníferos (NCR) y número de células endodermales (NCE), donde la mayor variación se atribuye al error (E) (50 a 66%), siguiéndole árboles dentro de localidades A(L) (29 a 32%), siendo más bajo a nivel de localidades (L), (4 a 15%).

Autores como Zobel y Talbert (1988) señalan que en algunos casos de los estudios de variación natural, las diferencias entre localidades tienen que ver con efectos ambientales, mientras que las diferencias entre árboles dentro de localidades tienden a deberse a efectos genéticos. Hocker (1984) señala que la variación en el tamaño del cono, longitud de la acícula, el número de estomas así como el tamaño de la semilla generalmente están asociadas con cambios graduales en la temperatura o la precipitación, esto es, efectos ambientales. En el presente estudio, no se incluyeron variables de la semilla, pero si diversas variables del cono, de la hoja y de los estomas, lo cual puede observarse en las variables del primer y segundo grupo que son: largo del cono, ancho del cono, longitud de la bráctea, largo de la hoja, longitud de la punta central de la bráctea y número de hileras de estomas (LC, AC, LB, LH, LPCB y NHE) que presentaron un efecto considerable de localidad (ambiental), y además pudieran tener un considerable control genético.

Mientras que las variables del tercer grupo ancho de la hoja y número de ideoblastos (AH y NI) parecen tener un fuerte control genético sin estar afectadas de manera importante por el ambiente. A su vez, el cuarto grupo que lo conforman las variables, número de escamas bien desarrolladas, número de canales resiníferos y número de células endodermales (NEBD, NCR y NCE) parece que tanto el ambiente como los factores genéticos no explican su variabilidad, sino otras causas, que en este caso se atribuyen al error.

Es importante señalar que cada especie puede presentar diferente respuesta, aún cuando se trate de variables similares. Así por ejemplo, Morales (1995) al estudiar el efecto de localidad y de árboles dentro de localidad para variables anatómicas y morfológicas en *Pinus cooperi* y *P. engelmannii* de Chihuahua y Durango, encontró para largo de acícula, en ambas especies, un fuerte efecto de localidad junto con un considerable efecto de árbol dentro de localidad; sin embargo, para el largo de la vaina se presenta un mayor efecto de localidad en *P. cooperi*, mientras que en *P. engelmannii* la misma variable muestra poco efecto de localidad; asimismo, las variables relacionadas con canales resiníferos manifiestan efecto de localidad, de árbol dentro de localidad y error de manera más o menos proporcionada; mientras que las variables relacionadas con estomas reflejan un efecto principal de árbol dentro de localidad, así como del error, y muy poco de localidad.

Por su parte, Hernández y Eguiluz (1991) encuentran en un estudio de 6 procedencias de *Pinus chiapensis* de Oaxaca y Chiapas, para variables morfológicas en acículas y conos, un fuerte efecto de árboles dentro de procedencias, en la longitud de la acícula, así como el número de hileras de estomas; sin embargo el grosor de la acícula y la longitud del cono presentaron un fuerte efecto de árboles dentro de procedencias, así como un considerable efecto de error, mientras que la variable ancho del cono presentó un fuerte efecto del error y un considerable efecto de árboles dentro de procedencias, acompañado de un muy bajo efecto de procedencia. Así también, García y



Eguiluz (1986) en un estudio a nivel de rodales y de árboles dentro de rodales, para variables morfológicas en *Pinus maximartinezii*, encontraron fuerte efecto de árboles dentro de rodales para las variables longitud de la acícula y ancho del cono, mientras que las variables grosor de la acícula y número de hileras de estomas muestran un fuerte efecto del error y un bajo efecto de árboles dentro de rodal, así como un escaso efecto de rodales.

#### 4.4 Análisis de correlación

El presente estudio se enfocó sobre variables anatómicas y morfológicas de hojas y conos, pero además se cuenta con información de variables dasométricas y del sitio, por lo que para fines de conocer la relación entre todas estas variables, se presentan los resultados de los análisis de correlación en tres partes; la primera corresponde a variables dasométricas y del sitio; la segunda a variables morfológicas y anatómicas; y la tercera a las variables morfo-anatómicas con las variables dasométricas y del sitio.

##### 4.4.1 Variables dasométricas y del sitio

Las variables dasométricas (altura total, diámetro normal y grosor de corteza) presentan una correlación positiva entre ellas ( $r \geq 0.39$ ) (Cuadro 7), lo cual indica que los árboles que presentan mayor altura total, también son los de mayor diámetro normal y mayor grosor de corteza, y viceversa. Lo anterior es resultado del crecimiento como resultado de la edad (Hocker, 1984).

Puesto que la exposición, a medida que sus valores son grandes tiende a ser más Sur, mientras que cuando los valores son pequeños tienden a ser más Norte, ésta se asocia con otras variables de la siguiente manera. Esta variable se correlaciona de manera negativa, con altura total

del árbol, lo que indica que los individuos de mayor altura se van a encontrar en la exposición Norte. Como

es lógico, ya que en esta exposición se encuentran las condiciones ambientales más favorables como es mayor humedad y menor insolación.

Cuadro 7. Correlaciones entre las variables dasométricas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.

VARIABLES	HT	GC	EXP	ALT
DN	0.72 **	0.53 **	NS	NS
HT		0.39 **	-0.32 **	NS
GC			NS	NS
EXP				0.25 *

\* = Significativa; \*\*= Altamente significativa; NS = No significativa a  $\alpha= 0.05$ ; DN= Diámetro normal; GC= Grosor de corteza; HT= Altura total del árbol; EXP= Exposición; ALT= Altitud.

Nota= La exposición de las áreas de colecta, se interpreta en base a los valores que presentan, es decir que: valores mayores de exposición ésta va a ser más Sur y valores de exposición menores, van a tender más al Norte.

#### 4.4.2 Variables morfológicas y anatómicas

En el Cuadro 8 (Ver archivo Cuad4a9.wp) se puede ver que las variables morfológicas del cono, (largo del cono, ancho del cono, número de escamas bien desarrolladas, largo de a bráctea y largo de la punta central de la bráctea) presentan una correlación positiva entre ellas ( $r \geq 0.21$ ), lo cual indica que los conos más largos, también

van a ser los de mayor ancho, y así mismo van a presentar mayor número de escamas bien desarrolladas, mayor largo de la bráctea y mayor largo de la punta central de bráctea. Esto podría deberse a un fenómeno fisiológico y de sentido común que ocurren en las plantas, ya que árboles con mejor vigorosidad, van a favorecer el desarrollo y crecimiento de conos, es decir de estas variables.

A su vez las variables número de escamas bien desarrolladas, presenta una correlación negativa con el largo de la bráctea ( $r = -0.21$ ), mientras que con el largo de la punta central de la bráctea muestra una correlación positiva ( $r = 0.22$ ), esto indica que los conos con mayor número de escamas bien desarrolladas van a presentar un menor largo de la bráctea y mayor largo de la punta central de la bráctea. Estos resultados podrían indicar una respuesta al fenómeno de compensación de nutrientes en las plantas, es decir el árbol puede generar mayor número de escamas pero menor largo de la bráctea o viceversa (Spurr y Barners, 1982).

Las variables largo de la bráctea y largo de la punta central de la bráctea muestran una correlación positiva ( $r = 0.56$ ), lo cual indica que las brácteas mas largas, van a presentar, mayor largo de la puntas de éstas, esto es resultado pueden estar relacionados con lo anteriormente

mencionado, de la nutrición de las plantas, ya que árboles bien nutridos van a presentar buen crecimiento y desarrollo de sus características.

Respecto a las variables de las hojas se puede ver que las variables (largo de la hoja, ancho de la hoja y número de hileras estomas(LH, AH y NHE) presentan una correlación positiva entre ellas ( $r \geq 0.34$ ), lo que indica las hojas más largas van a ser también más anchas, así mismo van a mostrar mayor número de hileras de estomas. Esto puede deberse principalmente al fenómeno de distribución espacial de las plantas, ya que puede ser respuesta de éstas variables en las plantas a condiciones ambientales que le son favorables para su crecimiento y desarrollo.

Por otra parte las variables ancho de la hoja, número de hileras de estomas y número de ideoblastos se correlacionan positivamente entre ellas ( $r \geq 0.29$ ), lo que quiere decir que cuando las hojas sean más anchas, van a presentar un mayor número de hileras de estomas, así como un mayor número de ideoblastos. Esto puede estar relacionado más que nada en el espacio que ocupa las células o estructuras en las planta tanto interna como externamente, en otras palabras la distribución de las estructuras en base al espacio del que disponen, es decir que cuando aumenta el espacio, va a aumentar el número de estructuras presentes en el.

De la misma forma las variables número de hileras de estomas y número de ideoblastos presentan una correlación positiva entre ambas ( $r=0.24$ ), lo cual indica que cuando en las hojas sea mayor el número de hileras de estomas, también va a ser mayor el número de ideoblastos, lo cual puede estar relacionado también con la distribución espacial, donde a mayor espacio mayor número de estructuras.

Por su parte las variables de hojas y conos, largo del cono y número de células endodermales muestran una correlación positiva entre ellas ( $r=0.23$ ) lo que indica que cuando los

árboles presenten conos largos, también van a presentar mayor número de células endodermales en las hojas.

Así mismo la variable largo de la bráctea y el número de células endodermales se correlacionan positivamente ( $r=0.24$ ) indicando que cuando en los conos sea mayor el largo de la bráctea, va haber también mayor número de células endodermales en las hojas.

Las variables largo de la punta central de la bráctea, largo de la hoja y número de hileras de estomas muestran una correlación positiva entre ellas ( $r=0.43$ ) lo cual indica que al haber conos con mayor largo de la punta central de la bráctea, también va haber acículas más largas y con mayor número de hileras de estomas. Estas variables de hojas y cono se correlacionan significativamente, sin embargo no se conoce una relación funcional entre ellas dentro de la planta.

#### 4.4.3 Variables morfo-anatómicas con variables dasométricas y del sitio

como se puede observar en el Cuadro 9, (Ver archivo Cuad4a9.wp) en el caso de las variables morfo-anatómicas con algunas variables dasométricas y del sitio, se puede ver que las variables, diámetro normal y número de canales resiníferos se correlacionan negativamente ( $r=-0.33$ ) lo cual indica que árboles con mayor diámetro normal van a tener menor número de canales resiníferos, respecto a la correlación que presentan estas variables, parece no tener una relación funcional dentro de la planta, puesto que el crecimiento que se da en el fuste y el que se da en las hojas del árbol es diferente.

Así mismo las variables grosor de corteza y largo del cono presentan una correlación negativa entre ellas ( $r=-0.28$ ), con lo que indican que árboles con mayor grosor de corteza van a

presentar también conos más largos. Esta correlación se mostró de manera significativa, más no se conoce una relación funcional entre dichas variables dentro del árbol.

De la misma forma las variables altura total, largo de la punta central de la bráctea, largo de la hoja y el número de células endodermales se correlacionan positivamente entre ellas ( $r \geq 0.21$ ), lo cual indica que cuando los árboles sean más grandes, también va a ser mayor el largo de la punta central de bráctea, el largo de las hojas y el número de estomas, estas correlaciones parecen no tener una relación funcional entre ellas dentro de la planta, a menos que se considere como factible que a mayor edad del árbol tiene mayor altura y produce hojas más grandes y conos con brácteas que tengan punta más grande, como resultado de mayor vigor.

Las variables exposición, ancho del cono, número de escamas bien desarrolladas y largo de bráctea se correlacionan positivamente entre ellas ( $r \geq 0.10$ ), así también la exposición, el largo de punta central de la bráctea, y el número de hileras de estomas muestran una correlación negativa ( $r \leq -0.23$ ), lo cual indica que mientras que en exposiciones Sur se van a encontrar los conos con mayor ancho, con mayor número de escamas bien desarrolladas y mayor largo de la punta central, en esta misma exposición el largo de la punta central de la bráctea y el número de hileras de estomas van a ser menores, lo anterior puede ser resultado principalmente de los mecanismos estructurales de respuesta de las plantas para sobrevivir, crecer y desarrollarse en condiciones adversas, como lo es la exposición Sur en la cual la insolación es mayor y la humedad es menor, por lo cual las plantas tienen que responder de esta manera con estas variables que se asocian tanto positiva como negativamente a dichas condiciones.

Finalmente, las variables altitud, ancho del cono, largo de la hoja, número de hileras de estomas se correlacionan negativamente ( $r \leq -0.25$ ), mientras que la misma altitud, el número de canales resiníferos y el número de células endodermales presentan una correlación positiva

( $r \geq 0.22$ ), lo cual quiere decir que en altitudes mayores mientras que los conos sean de menos anchos, las hojas sean más cortas y el número de hileras de estomas sea menor, tanto el número de canales resiníferos como, el número de células endodermales van a ser mayores. Esta asociación de variables puede ser resultado de las condiciones ambientales, que se dan en mayores altitudes como son temperatura más baja, mayor humedad, con lo cual favorece el crecimiento de los árboles y con ello el desarrollo de variable como el número de canales resiníferos y número de células endodermales, y por naturaleza a otras, como el ancho del cono, largo de la hoja y número de hileras de estomas no les favorece pero parase no afectarles. De igual forma pudiera ser que el factor viento tuviera que ver con las variables que se asocian negativamente con el la altitud ejerciendo una presión sobre éstas y a su vez el resultado de estas variables puede ser respuesta a dicha presión, puesto que cuando la altitud es mayor la velocidad del viento también lo es.

#### 4.5 Agrupación de localidades

En la Figura 3 (Ver archivo Fig3.ch3) se presenta el dendrograma que agrupa las localidades por su parecido y diferencia, de acuerdo con las 11 variables anatómicas y morfológicas estudiadas.

Se observa que la mayor distancia euclidiana es de 1.2, de manera que si se hace un corte entre el valor de 1.1 y 1.2 se formarían dos grupos, el primero que incluye únicamente a la localidad El Tarahumar, Dgo., y el segundo grupo con el resto de las localidades. Lo cual refleja de manera muy clara la localización geográfica de las localidades, esto es, la localidad del primer grupo corresponde a la Sierra Madre Occidental, mientras que las localidades del segundo grupo corresponden a la Sierra Madre Oriental.

Además es importante considerar tanto de un grupo de localidades como del otro, características que los hacen distintos y que pueden influir en los diferentes resultados obtenidos, tales como es el origen del tipo de suelo, ya que mientras el primer grupo que corresponde a la Sierra Madre Occidental los suelos son de origen volcánico, en el otro grupo los suelos son de origen calizo-sedimentario (Rzedowski, 1978). Estas diferencias tan marcadas en lo que son las áreas de distribución de esta especie ha originado que autores como González et al. (1993) reporten para el primer grupo de localidades la especie *Pseudotsuga menziesii*, mientras que Rzedowski y Calderón (1979) de acuerdo con los botánicos norteamericanos señalan que ésta es la única especie que se distribuye en todo el país.

Ahora bien, si el corte se hace a las 3/4 partes de la distancia euclidiana (0.9), se formarían cuatro grupos (I, II, III y IV); el I con la localidad de El Tarahumar, Dgo.; el II con la localidad El Potosí, N.L.; el III incluye las localidades de Los Lirios y Jamé, Coah.; y el IV las localidades La Viga, El Coahuilón, El Quemado y La Marta, Coah. Esta agrupación resume el parecido de las variables anatómicas y morfológicas como respuesta a las diferentes condiciones ambientales a que está sujeta cada grupo de localidades. Así se tiene lo siguiente; el grupo I se caracteriza por poseer árboles de mayor altura, conos pequeños, con largo de la punta central de la bráctea grande, hojas largas con mayor número de hileras de estomas, lo cual puede interpretarse como una respuesta a las condiciones ambientales, particularmente a la temperatura y precipitación (humedad disponible), ya que dicha localidad se encuentra en una región con clima  $Cw_2$  (Cuadro 2) (el más húmedo de los templados subhúmedos) (García, 1989), o también puede ser que se trata de una especie para la cual estas características son propias de ella.

El grupo II se caracteriza por presentar los conos más grandes, con largo de la punta central de la bráctea grande, hojas largas, pero menores que las del grupo I, y mayor número de hileras de estomas, pero también menor que las del grupo I. Dicho grupo se encuentra en una región con



clima  $Cw_1x'$  (Cuadro 2) (el intermedio en humedad de los templados subhúmedos, con distribución más uniforme de la precipitación) (García, 1989).

Este factor es de gran importancia para estas variables de acuerdo con Hocker (1984), ya que proporciona un mejor régimen de humedad disponible durante todo el año lo cual es favorable para el desarrollo de estas variables. Además es muy importante señalar que en esta localidad se presentaron algunas muestras de número de canales resiníferos menores a dos, lo que refleja que por ser espacios secretores y que sirven como vías de desahogo; semejante a la función de los estomas (Fahn, 1978) que pueden estar influenciados por los factores precipitación y temperatura, o bien pudiera ser que se trata de otra especie diferente ala de los otros grupos.

El grupo III se caracteriza por presentar hojas cortas, así como valores intermedios de largo del cono, ancho del cono, número de escamas bien desarrolladas, así como en el largo de la punta central de la bráctea. Este grupo se encuentra en una región donde el clima es  $Cw_1$  (Cuadro 2) (el cual se clasifica como el intermedio de los templados subhúmedos) (García 1989). Esto puede interpretarse que estas variables responden a las condiciones de precipitación (Hocker, 1984), ya que se puede notar que la falta de uniformidad en las lluvias durante todo el año, influyen de manera significativa en el crecimiento continuo de estas variables, dando como resultado valores intermedios dentro de ellas, o bien pudiera ser que se trata de una especie diferente y que dichas características son propias de ella.

Finalmente el grupo IV se caracteriza por presentar largo del cono pequeño, pero no tanto como el grupo uno, mayor número de escamas bien desarrolladas, el largo de la punta central de la bráctea más pequeño, así como el menor largo de la hoja con el menor número de hileras de estomas, lo cual se puede interpretar como una respuesta a las condiciones ambientales (precipitación y temperatura) al igual que en el grupo I, pero en forma inversa, dado que dichas

localidades, excepto una, se localizan en una región con clima  $Bs_1$  (Cuadro 2) (de los más secos) (García, 1989). Puesto que este clima se clasifica entre los más secos se puede decir que influye de manera negativa en el desarrollo de éstas variables, ya que éstas condiciones de mayor sequía, mayor insolación, dada la escasa precipitación influyen en la restricciones de crecimiento y desarrollo de éstas variables en los árboles, o bien pudiera tratarse de una especie que estas condiciones le son propias.

Por su parte cabe señalar que en el último grupo una localidad (Sierra La Viga) corresponde a una región con clima  $Cw_1$ , (Cuadro 2) lo cual favorece el desarrollo de algunas variables como el número de escamas bien desarrolladas, por tratarse de un clima intermedio en humedad de los templados subhúmedos a diferencia de las otras localidades del grupo IV que es de los más secos o bien puede ser que se trate de otra especie diferente a la de los otros grupos y que esas condiciones le favorezcan a esta. Sin embargo para otras variables pueden no ser favorables ya que se compensan de manera negativa las condiciones de humedad e insolación dado que tanto esta localidad como la de la Sierra El Coahuilón tienden a exposición Sur la cual se caracteriza por presentar condiciones de menor humedad, mayor insolación que hace desfavorables para el desarrollo de las variables que caracterizan a este grupo.

Hernández y Eguiluz (1991) reportan una relación diferente, ya que ellos toman en cuenta la diferencias morfológicas entre procedencias para todas las variables de acículas, conos y semillas analizadas de *Pinus chiapensis* consideradas en su estudio, dado que de los cuatro grupos que se forman del corte a la distancia euclidiana, el parecido entre los dos primeros grupos de localidades (A y B), lo relacionan con frecuencias genéticas similares entre ellas, sin embargo para los otros dos grupos (C y D), al igual que en el presente estudio lo relacionan con las condiciones ambientales, como son temperatura y precipitación, a los cuales les atribuyen esta variación.

Por su parte, Cornejo (1992) reporta de igual forma para características morfológicas de conos y semillas de 11 poblaciones de *Pinus greggii*, la formación de cinco grupos, en donde sólo para el grupo II las diferencias morfológicas, observadas los relaciona con las características ambientales, incluyendo el potencial hidrógeno (pH).

Así también Rodríguez (1996) reporta una relación parecida a la encontrada en el presente estudio, dado que toma en cuenta todas las variables morfológicas de conos y acículas, de las poblaciones estudiadas de *Pinus arizonica*, haciendo el corte a la misma distancia euclidiana (dos terceras partes de la distancia promedio), las poblaciones se concentraron en cuatro grupos (I, II, III y IV), aunque el además de relacionarlas con la temperatura y precipitación también lo hizo con la ubicación geográfica y la humedad relativa que presentó cada uno de los grupos de poblaciones formado.

En términos generales se puede decir que la variación observada en las variables morfológicas y anatómicas, consideradas en el presente estudio, entre los diferentes grupos de localidades, presenta una fuerte tendencia a estar influenciada básicamente por los factores ambientales, principalmente temperatura y precipitación, así como por el tipo de clima los cuales son semejantes para algunas localidades pero diferente entre otras, dichas diferencias entre ellas permite la agrupación de unas localidades y hace notar la variación para algunas variables entre otras localidades, como se puede observar en el dendrograma. Por otra parte cabe señalar que estas diferencias entre las diferentes localidades pudieran deberse a que se trata de especies diferentes en cada uno de estos grupos, formados en el dendrograma (Figura 3), o bien, que es una sola especie con una variación considerable.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En relación a los resultados obtenidos en cada uno de los análisis realizados en el presente estudio se concluye lo siguiente.

- a) Todas las variables estudiadas, excepto una (número de canales resiníferos) presentaron distribución normal.
- b) Las medias de todas las variables se encuentran dentro de los límites que se señalan para el género *Pseudotsuga*.
- c) Los análisis de varianza mostraron para todas las variables diferencias significativas entre localidades, así como entre árboles dentro de localidades.
- d) Los análisis de componentes de varianza para las 11 variables analizadas se presentaron en cuatro casos diferentes donde primeramente, las variables largo del cono (LC), ancho del cono (AC), largo de la bráctea (LB), y largo de la hoja (LH) presentaron un fuerte efecto tanto de localidad, como de árboles dentro de localidad. En segundo término, las variables ancho de la hoja (AH) y número de ideoblastos (NI) presentan principalmente un fuerte efecto de árboles dentro de localidad. En el tercer caso, se presenta el mayor porcentaje tanto a nivel de localidad como a nivel del error y un bajo efecto de árboles dentro de localidades, para las variables largo de la punta central de la bráctea (LPCB) y número de hileras de estomas (NHE). En el cuarto y último caso las variables número de escamas bien desarrolladas (NEBD), número de canales resiníferos (NCR) y número de células endodermales (NCE) presentaron un principal efecto del error, acompañado de un bajo efecto de árboles dentro de localidades.
- e) Los árboles más altos fueron los que presentaron mayor diámetro normal y mayor grosor de corteza.

- f) En exposiciones más Sur los árboles presentaron menor altura.
- g) Las características que están más influenciadas por la exposición son el ancho del cono (AC), número de escamas bien desarrolladas (NEBD), largo de la bráctea (LB), largo de la punta central de la bráctea (LPCB) y número de hileras de estomas (NHE).
- h) Los árboles más altos son los que presentan mayor largo de la punta central de la bráctea (LPCB), largo de la hoja (LH) y mayor número de hileras de estomas (NHE).
- i) Las hojas más anchas presentan mayor largo de la hojas (LH), con mayor número de hileras de estomas (NHE) y mayor número de ideoblastos (NI).
- j) Los conos más largos también son los más anchos con mayor número de escamas bien desarrolladas (NEBD), mayor largo de la bráctea (LB) y mayor largo de la punta central de la bráctea (LPCB).
- k) Cuando el número de escamas bien desarrolladas es mayor, también es mayor el largo de la bráctea.
- l) La agrupación de las localidades concentró a éstas en cuatro grupos que son diferentes morfológica y anatómicamente entre sí, y tiene una asociación con variables climáticas.

Considerando las condiciones en las que se encuentra ésta especie y tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- a) Realizar más estudios sobre esta especie, considerando más localidades y variables, tanto de hojas y conos, así como de semillas.
  
- b) Hacer estudios taxonómicos, en relación a las diferencias morfológicas y anatómicas que presenta este género, para aclarar las dudas respecto a la o las especies presentes en el país, los cuales pueden basarse en los resultados como los obtenidos en el presente estudio.

## 6 LITERATURA CITADA

- Beristain B., J.J. 1992. Variación morfológica y anatómica de acículas de *Pinus greggii* Engelm.. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 93 p.
- Brauer H., O. 1987. Fitogenética aplicada. Ed. Limusa. México. 518 pp.
- Calamassi, R., S. R. Puglisi y G. G. Vendramin 1988. Genetic variation morphological and anatomical needles characteristics in *Pinus brutia* Ten. *Silvae Genetica*. 37(5-6): 199-206.
- Cetenal. 1972a. Carta de Uso del Suelo. G14 C42. Sierra el Laurel Coahuila. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1972b. Carta Edafológica. G14 C42. Sierra el Laurel, Coahuila. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1972c. Carta Geológica. G14 C42. Sierra el Laurel, Coahuila. Esc. 1:50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1975. Carta Topográfica. G14 C45. San Rafael. Esc. 1:50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1976a. Carta Edafológica. G14 C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1976b. Carta Geológica. G14 C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.



- Cetenal. 1977a. Carta de Uso del Suelo. G14 C45. San Rafael. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1977b. Carta de Uso del Suelo. G14 C56. Galeana, Nuevo León. Esc.1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Cetenal. 1977c. Carta Edafológica. G14 C45. San Rafael. Esc. 1:50,000 Secretaria de la Presidencia.
- Cornejo M., G. 1992. Variación morfológica de conos y semillas en once poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 71 p.
- De La Loma, J. L. 1985. Genética general y aplicada. Hispano Americana.México. 752 p.
- Detenal. 1977a. Carta Edafológica. G14 C56. Galeana Nuevo León. Esc.1:50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Detenal. 1977b. Carta Geológica. G14 C45. San Rafael. Esc.1:50,000 Secretariadepresidencia.
- Detenal. 1978. Carta Geológica. G14 C56. Galeana Nuevo León. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Detenal. 1979. Carta de uso del suelo. G14 C35. San Antonio de las Alazanas. Esc. 1: 50,000. Secretaria de la Presidencia.
- Domínguez A., F. A. 1994. Análisis histórico-geológico de los bosques de *Pseudotsuga* en México. Folleto Técnico N°23 SARH,INIFAP. Veracruz México. 42 p.
- Esau, K. 1972. Anatomía vegetal. 2ª ed. Omega. Barcelona. 550 p.
- Fahn, A. 1978. Anatomía vegetal. 2ª ed. Blume H. España. 372 p.
- Furnier, R. G. 1997. Métodos para medir la variación genética en las plantas. En: Vargas H., J.J., B. Bermejo V. y F. T. Ledig (eds.). Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Colegio de Postgraduados y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex.pp. 23-36.
- García A., A. y S. González E. 1991. Flora y vegetación de la clima del Cerro El Potosí, N. L., México. Acta Botánica Mexicana. (13) : 53-74
- García de M., E. 1989. Apuntes de climatología. 6ª ed. UNAM. México. 155 p.

- García N., R. M. y T. Eguiluz P. 1986. Variación morfológica de *Pinus maximartinezii*. Revista Chapingo. XI (52-53):42-49.
- Gola, G., G. Negri y C. Cappelletti. 1965. Tratado de botánica. 2ª ed. Labor S. A. México. 1159 p.
- González E., S., M. González E. y A. Cortés O. 1993. Vegetación de la reserva de la biosfera "Michilia", Durango, México. Acta Botánica Mexicana. (22): 1-104.
- Hocker Jr., H. W. 1984. Introducción a la biología forestal. Edit. AGT S. A. México. 446 p.
- Hernández G., J.J. 1986. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus Chiapensis* de Oaxaca y Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 61 p.
- Hernández G., J.J. y T. Eguiluz P. 1991. Variación morfológica de acículas conos y semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez)Andresen. de Oaxaca y Chiapas. Revista Chapingo. XV (75): 25-33.
- INEGI. 1987a. Carta de efectos climáticos regionales, Mayo-octubre. G14-10. Concepción del Oro Zacatecas
- INEGI. 1987b. Carta de efectos climáticos regionales, Noviembre-abril. G14-10 Concepción del Oro Zacatecas.
- INEGI. 1990a. Carta de efectos climáticos regionales, Mayo-Octubre. G14-7. Monterrey N. L..Esc. 1: 250,000.
- INEGI. 1990b. Carta de efectos climáticos regionales, Noviembre-abril. G14-7. Monterrey N. L..Esc. 1: 250,000.
- Infante G., S. y G. Zárate de L. P. 1991. Métodos estadísticos. Trillas. México. 643 pp.
- Kellison, R. C. 1967. A geographic variation study of yellow-Poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) within North Carolina. Technical Report N° 33. School of Forestry, North Carolina State University. 41 p.
- Martínez M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª ed. Botas. México. 361 p.
- Martínez, M. 1949. Las pseudotsugas de México. Anales del Instituto de Biología. (20): 128-183.
- Martínez M. 1953. Las pináceas mexicanas. SAG, Subsecretaria de Recursos Forestales y Caza. México. 362 p.

- Mettler, E. L. y T. G. Gregg. 1972. Genética de las poblaciones y evolución. Hispanoamericana. México. 245 p.
- Morales B., S. 1995. Variación de características morfológicas y anatómicas de acículas en poblaciones naturales de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* Blanco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 79 p.
- Muñoz C., E. 1995. Variación morfológica en acículas, conos y plántulas de distintas procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 41 P.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memorias de Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo México. pp. 16-23.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa. México. 273 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de R. 1979. Flora fanerogámica del valle de México. Continental. México. 403 p.
- Rodríguez L., R. 1996. Variación morfológica en algunas poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 61 p.
- Romero M., R. 1995. Variación morfológica en conos y semillas en poblaciones naturales de *Pinus duranguensis* Martínez. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- Salvat M. 1971. Enciclopedia Salvat de las ciencias. Salvat. Barcelona. 348 p.
- Salazar, R. 1983. Genetic variation in needles of *Pinus caribea* var. *Hondurensis* Barr. et Golf. from natural stands. *Silvae Genética*. 32 (64): 58-58.
- Santiago C., M. 1995. Variación de caracteres morfológicos y anatómicos de acículas en poblaciones naturales de *Pinus duranguensis* Martínez. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- SEDESOL. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059 Ecol-1994 que determina las especies de flora y fauna silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción amenazada, rara, y sujeta a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación. México. pp. 1-60.

- Snedecor, W. G. y G. W. Cochran. 1981. Métodos estadísticos. Ed. Continental. México. 703 p.
- Soberon M., J.; L. Durand y J. Larson G. 1997. Biodiversidad: conocimiento y uso para su conservación. CONABIO. 5 pp.
- Sranburger, E., F. Noll, H. Schenck y A. F. W. Schimper 1965. Tratado de botánica. 5<sup>a</sup> ed. Marín. México. 651 p.
- SPP. 1981. Atlas Nacional de Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto. México 223 p.
- SPP. s/f Carta hidrológica de aguas superficiales. G14-7. Monterrey. Escala 1:250,000. Secretaría de Programación y Presupuesto. México.
- Spurr, S. H. y B.V. Barner. 1982. Ecología forestal. A.G.T. México. 690 p.
- Vázquez A., J. L. 1997. Panorama del derecho Mexicano "Derecho Forestal". Instituto de Investigaciones Jurídicas Universidad Nacional Autónoma de México. México. 74 p.
- Vázquez J., A. 1995. Diccionario enciclopédico. Olimpia. París. 1520 p.
- Villarreal Q., J.A. 1986. Apuntes de botánica forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 81 p.
- Zavala Ch., F. y J. T. Méndez M. 1996. Factores que afectan la producción de semilla en *Pseudotsuga macrolepis* en el estado de Hidalgo México. Acta Botánica Mexicana. (36): 1-14.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. México. 545 p.

APENDICE

(Ver archivo Apend.ch3)



## Apendice 2. Asignación de valores para la exposición

Exposición	Ponderación	Exposición	Ponderación
N-NE 45° -----	1	SE 46°-89° -----	3
N-NW 45° -----	1	SW 46°-89° -----	3
NE 46°-90° -----	2	S-SE 45° -----	4
NW 46°-90° -----	2	S-SW 45° -----	4







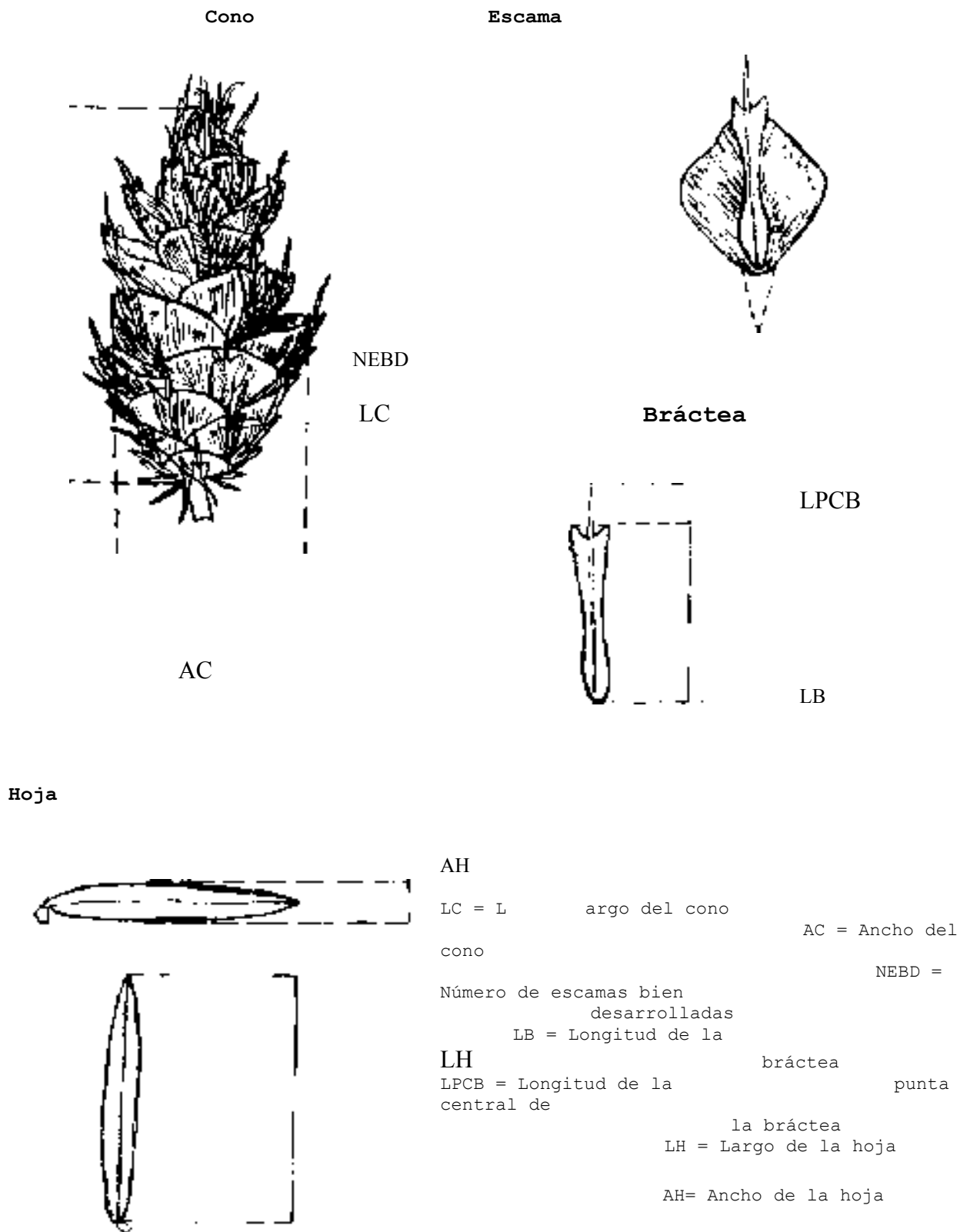


Figura 1. Esquema de las características del cono, escama y brácteas del cono, así como de hojas, indicando

lugar de medición de las variables morfológicas y anatómicas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.



Hoja

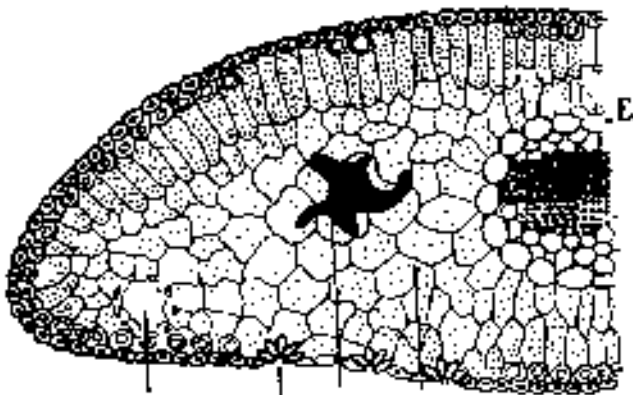
**Cortes transversales**



HE= Hileras de estomas  
 Cr= Canales resiniferos  
 I= Ideoblastos  
 E = Endodermis

VARIABLES ANALIZADAS

NHe= Número de hileras de estomas  
 NCR= Número de canales resiniferos  
 NI= Número de ideoblastos  
 NCE= Número de células endodermiales



Cr. H.e. I. E.

Figura 2. Esquema de las variables anatómicas de hojas evaluadas de *Pseudotsuga* de ocho localidades del Norte de México.

Cuadro 1. Características de localización de ocho localidades de *Pseudotsuga* de Norte de México.

Número	Localidad	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (msnm)	Roca	Suelo	Vegetación	N°de árboles muestreados por localidad
1	Sierra La Marta Coahuila	25°13'47'' 25°14'19''	100°25'12'' 100°27'41''	2540-2860	Sedimentaria, caliza y lutita	Litosol	Bosque de pino y oyamel	15
2	Cañón Jamé Coahuila	25°18'40'' 25°19'47''	100°31'34'' 100°32'21''	3320-3490	Sedimentaria, caliza y lutita	Litosol y solonchac	Bosque de pino y oyamel, cedro blanco	10
3	Sierra El Tarahumar Durango	25°30'00'' 25°37'00''	106°10'00'' 106°25'00''	2550-2700	Sedimentaria y volcansedimentaria	Litosol, arenosol lítico y regosol lítico	Bosque de pino-encino y bosque de encino -pino	15
4	Sierra El Coahilón Coahuila	25°13'50'' 25°14'10''	100°22'05'' 100°22'30''	3200-3270	Sedimentaria, caliza y lutita	Litosol	Bosque de pino, chaparral, pastizal natural y matorral desértico rosetófilo	14
5	Sierra La Viga Coahuila	25°21'34'' 25°22'19''	100°32'34'' 100°32'48''	2940-3130	Sedimentaria, caliza	Litosol	Bosque de pino, cedro blanco	15
6	Cerro El Potosí Nuevo León	24°52'57'' 24°53'38''	100°11'57'' 100°12'52''	2360-2560	Sedimentaria, lutita y asociación de caliza y lutita	Litosol y luvisol	Chaparral, bosque de encino, bosque de enebro	15
7	Cañón Los Lirios Coahuila	25°21'37'' 25°22'35''	100°31'08'' 100°31'42''	2190-3380	Sedimentaria, lutita, arenisca y caliza	Litosol y regosol	Bosque de pino y oyamel, cedro blanco	10
8	Cerro Quemado Coahuila	25°13'47'' 25°14'16''	101°29'03'' 101°30'39''	2300-2750	Sedimentaria, caliza	Litosol eúrico	Bosque natural, pino, enebro, chaparral	15

(Fuente: Cetenal, 1972a, 1972b, 1975a, 1975b, 1976, 1977a, 1977b; Detenal, 1978, 1979).

Cuadro 2. Características climáticas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.

Número	Localidad	T° media anual	Pp media anual	T° media Período		Pp media Período		Fórmula climática
				Mayo-Oct.	Nov.-Abril	Mayo-Oct.	Nov.-Abril	
1	Sierra La Marta, Coahuila	12°C	500 mm	18°C	13.5°C	475 mm	140 mm	Bs1 h w (x')
2	Cañón Jamé, Coahuila	12°C	500 mm	18°C	12°C	475 mm	125 mm	C (w1)
3	Sierra El Tarahumar, Durango	10.5°C	932.5 mm	13.5°C	7.4°C	679.9 mm	253.4 mm	C (w2) (x')
4	Sierra El Coahuilón, Coahuila	12°C	500 mm	18°C	12°C	475 mm	137.5 mm	Bs1 h w (x')
5	Sierra La Viga, Coahuila	10°C	500 mm	15°C	10.5°C	475 mm	150 mm	C (w1)
6	Cerro El Potosí, Nuevo León	15°C	600 mm	18°C	15°C	475 mm	150 mm	C (w1) (x')
7	Cañón Los Lirios, Coahuila	12°C	500 mm	16.5°C	12°C	475 mm	150 mm	C (w1)
8	Cerro Quemado, Coahuila	16°C	500 mm	19.5°C	16.5°C	400 mm	100 mm	Bs1 kx'

T°= Temperatura; Pp= Precipitación.

(Fuente: SPP, 1981, (s/f), INEGI, 1987a, 1987b, 1990a, 1990b).



Cuadro 6. Análisis de varianza y componentes de varianza para variables morfológicas y anatómicas de conos y hojas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.

Variabes	F.V.	G.L.	C.M.	F. C.	C.V. E.	C.V.E (%)
LC	L	7	2105.55	91.48 **	28.57	35.70
	A (L)	101	165.31	7.18 **	28.45	35.60
	E	436	23.01		23.01	28.70
AC	L	7	569.95	86.38 **	7.78	36.55
	A (L)	101	41.20	6.24 **	6.92	32.48
	E	436	6.56		6.59	31.00
NEBD	L	7	184.28	22.83 **	2.23	14.64
	A (L)	101	32.77	4.06 **	4.94	32.41
	E	436	8.07		8.07	52.95
LB	L	7	3816.63	2298.95**	5.42	53.33
	A (L)	101	137.60	82.89**	2.72	27.76
	E	5331	1.66		1.66	16.71
LPCB	L	7	347.07	725.39 **	0.48	36.85
	A (L)	101	18.11	37.87 **	0.35	26.83
	E	5331	0.47		0.47	36.33
LH	L	7	553.65	515.46 **	5.20	54.90
	A (L)	72	33.08	30.81 **	3.20	33.76
	E	720	1.07		1.07	11.32
AH	L	7	0.22	31.70 **	0.00	3.77
	A (L)	72	0.14	20.21 **	0.01	63.29
	E	720	0.007		0.00	32.93
NHE	L	7	136.19	126.00 **	1.25	38.68
	A (L)	72	10.24	9.47 **	0.91	28.13
	E	720	1.08		1.08	33.19
NCR	L	7	0.20	11.92 **	0.001	4.31
	A (L)	72	0.09	5.42 **	0.007	29.31
	E	720	0.01		0.01	66.37
NI	L	7	12.86	25.99 **	0.06	5.49
	A (L)	72	6.49	13.12 **	0.59	51.77
	E	720	0.49		0.49	42.72
NCE	L	7	35.36	19.05 **	0.23	7.62
	A (L)	72	11.81	6.36 **	0.99	32.25
	E	720	1.85		1.85	60.120

F.V.= fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; C.M.= cuadrados medios; F.C.= F calculada; C.V.E= componentes de varianza estimado; C.V.E%= componentes



varianza estimados en porciento; LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Longitud de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= Ancho de la hoja; NHE= Número de hileras de estomas; NCR= Número de canales resiníferos; NI= Número de ideoblastos; NCE= Número de células endodermales; L= localidad; A(L)= árbol dentro de localidad; E= Error; LC= Largo del cono; \*\* = Altamente Significativos.

Cuadro 4. Valores de tendencia central y de dispersión para variables morfológicas y anatómicas de conos y hojas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México

VARIABLES	UNIDADES	Media	Mínimo	Máximo	s	C.V.(%)
LC	mm	46.36	26.00	73.10	8.73	18.82
AC	mm	28.98	16.70	41.90	4.50	15.53
NEBD	Número	22.27	12.00	39.00	3.86	17.34
LB	mm	19.65	12.60	29.40	3.01	15.34
LPCB	mm	2.87	1.00	8.00	1.11	38.87
LH	mm	21.43	13.50	31.00	2.96	13.84
AH	mm	1.38	1.00	2.20	0.14	10.51

NHE	Número	12.37	8.00	19.00	1.75	14.20
NCR	Número	1.98	0.00	2.00	0.16	8.12
NI	Número	2.03	0.00	6.00	1.06	52.59
NCE	Número	18.92	14.00	26.00	1.74	9.22

s= Desviación estándar; C.V.%= Coeficiente de variación en porcentaje; LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Longitud de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= Ancho de la hoja; NHE= Número de hileras de estomas; NCR= Número de canales resiníferos; NI= Número de ideoblastos; NCE= Número de células endodermales.

Apéndice 3. Cuadro de valores promedio por localidad para 11 variables morfológicas y anatómicas de conos y hojas del Norte de ocho localidades *Pseudotsuga* del Norte de México.

Variables	LOCALIDADES							
	s. La Marta Coahuila	Cañón Jamé Coahuila	Sierra Tarahumar Durango	Sierra El Coahuilón Coahuila	Sierra La Viga Coahuila	Cerro El potosí Nuevo León	Cañón Los Lirios Coahuila	Cerro Quemado Coahuila
LC	42.54 (12.67)CD	51.82 (11.75)AB	40.77 (17.80)D	45.49 (15.37)BC D	47.54 (15.36)BC	55.88 (14.40)A	48.95 (17.45)AB C	40.56 (16.12)D
AC	28.04 (10.55)CD E	24.51 (13.81)E	28.36 (13.03)BC D	33.22 (12.39)A	31.14 (13.33)AB C	31.56 (12.22)AB	26.95 (11.45)DE	26.20 (12.55)DE
NEBD	23.16 (16.01)AB	18.86 (19.04)C	20.54 (17.55)BC	24.62 (17.40)A	22.85 (17.20)AB	22.60 (11.68)AB	22.08 (13.87)AB C	22.41 (14.74)AB
LB	18.73 (6.82)DE	22.50 (11.44)AB	19.12 (12.27)CD	18.42 (9.20)DE	17.21 (10.58)E	23.82 (8.39)A	20.84 (15.66)BC	17.82 (7.40)DE
LPCB	2.33 (30.98)C	3.46 (35.97)A	3.98 (31.46)A	2.50 (24.29)BC	2.23 (28.87)C	3.42 (24.55)A	3.25 (32.72)AB	2.12 (33.55)C
LH	22.23 (11.29)BC	20.26 (12.29)CD E	25.91 (8.55)A	19.57 (6.87)DE	22.76 (7.55)B	21.74 (10.36)BC D	21.17 (6.89)BCD	18.03 (8.83)E
AH	1.32 (12.54)B	1.37 (10.60)AB	1.41 (9.52)AB	1.39 (9.37)AB	1.46 (11.03)A	1.37 (8.69)AB	1.37 (10.12)AB	1.33 (7.74)AB
NHE	11.15 (13.86)C	11.78 (10.27)C	14.60 (9.26)A	11.55 (13.16)C	11.89 (11.82)C	13.67 (10.95)AB	12.39 (10.12)BC	11.97 (10.24)C

NCR	2.00 (0.00) A	2.00 (0.00)A	2.00 (0.00)A	1.98 (7.10)A	2.00 (0.00)A	1.87 (22.36)A	2.00 (0.00)A	2.00 (0.00)A
NI	1.42 (66.05)B	2.23 (45.45)AB	2.23 (62.97)AB	2.22 (63.88)AB	1.80 (42.52)AB	1.96 (35.46)AB	2.59 (33.87)A	1.82 (42.33)AB
NCE	18.66 (8.24)AB	18.93 (7.91)AB	17.93 (8.75)B	19.77 (8.06)A	18.82 (9.44)AB	19.45 (8.93)AB	19.36 (10.47)AB	18.42 (8.02)AB

LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Largo de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= ancho de la hoja; NHE= número de hileras de estomas; NCR= número de canales resiníferos; NI= número de ideoblastos; NCE= número de células endodermales

La interpretación de estos resultados para cada variable se realizó de izquierda a derecha.

\*Los valores entre paréntesis es el coeficiente de variación que presentaron las variables en cada localidad.

\*Las letras significan los resultados obtenidos de la prueba de separación de medias (Tuckey); mismas letras significa que son estadísticamente iguales de acuerdo a cada variable.

Cuadro 9. Correlación entre las variables morfo-anatómicas con variables dasométricas y de los sitios de oho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.

Variabes	DN	GC	HT	EXP	ALTI
LC	NS	-0.28**	NS	NS	N
AC	NS	NS	NS	0.46**	-0.
NEBD	NS	NS	NS	0.36**	N
LB	NS	NS	NS	0.49**	N

LPCB	NS	NS	0.26**	-0.36**	N
LH	NS	NS	0.21*	NS	-0.4
AH	NS	NS	NS	NS	N
NHE	NS	NS	0.22*	-0.23*	-0.4
NCR	-0.33**	NS	NS	NS	0.2
NI	NS	NS	NS	NS	N
NCE	NS	NS	NS	NS	0.2

DN= Diámetro normal; GC= Grosor de corteza; HT= Altura total del árbol; EXP= Exposición (valor ponderado); LC=Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Longitud de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= ancho de la hoja; NHE= Número de hileras de estomas; NCR= Número de canales resiníferos; NI= Número de ideoblastos; NCE= Número de células endodermales; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; NS=No significativo.

Cuadro 8. Correlación entre variables morfológicas y anatómicas de ocho localidades de *Pseudotsuga* del Norte de México.

Variablen	LC	AC	NEBD	LB	LPCB	LH	AH	NH
AC	0.28**							
NEBD	0.21*	0.56**						
LB	0.75**	NS	-0.21*					
LPCB	0.37**	NS	0.22*	0.56**				
LH	NS	NS	NS	NS	0.43**			
AH	NS	NS	NS	NS	NS	0.34**		
NHE	NS	NS	NS	NS	0.43**	0.40**	0.35**	
NCR	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
NI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.29**	0.24**
NCE	0.23*	NS	NS	0.24*	NS	NS	NS	NS

LC= Largo del cono; AC= Ancho del cono; NEBD= Número de escamas bien desarrolladas; LB= Largo de la bráctea; LPCB= Longitud de la punta central de la bráctea; LH= Largo de la hoja; AH= Ancho de la hoja; NHE= Número de hileras de estomas; NCR= Número de canales resiníferos; NI= Número de ideoblastos; NCE= Número de células endodermales. \*\*= Altamente significativo; \*= Significativo; NS= No significativo

