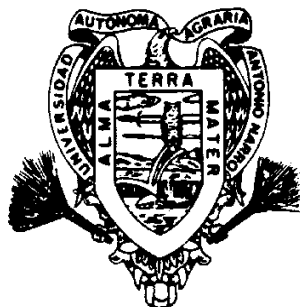


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



VARIACIÓN DE LONGITUD DE TRAQUEIDAS DE *Pinus teocote* Schl. et Cham.
DE LA SIERRA LA CEBOLLA DE MONTEMORELOS, N. L.

POR:

ROBERTO MALDONADO CASTELAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

VARIACIÓN DE LONGITUD DE TRAQUEIDAS DE *Pinus teocote* Schl. et Cham.
DE LA SIERRA LA CEBOLLA DE MONTEMORELOS, N. L.

POR:

ROBERTO MALDONADO CASTELAN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Asesor principal

M.C. Salvador Valencia Manzo

Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

VARIACIÓN DE LONGITUD DE TRAQUEIDAS DE *Pinus teocote* Schl. et Cham.
DE LA SIERRA LA CEBOLLA DE MONTEMORELOS, N. L.

POR:

ROBERTO MALDONADO CASTELAN

TESIS:

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Asesor principal

M.C. Salvador Valencia Manzo

Asesor

Ing. Celestino Flores López

Asesor

M. A. Luis Morales Quiñones

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2004

El presente estudio forma parte de dos Proyectos de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuya clave y nombre son: 02.03.0207.2371 "Estudio de la variación en características de la madera de coníferas de México" y 02.03.0207.2412 "Predicción del crecimiento e incremento en la regeneración de un bosque y su respuesta a tratamientos silvícolas".

DEDICATORIAS

A mis padres con mucho amor y cariño

Jorge Maldonado A.
Flavia Castelan S.

Por brindarme la vida, cariño, amor, comprensión, confianza y llenarme de consejos para realizar mi meta, siendo el tesoro más apreciado que me han heredado, para seguir adelante. Ante todo son las personas que más admiro, quiero y respeto que me han ayudado a valorar la vida.

A mis hermanos con mucho cariño

Missael
Ana Lilia G.
J. Alberto

Que siempre me apoyaron en los momentos difíciles para superarme. Y en los momentos de felicidad que hemos pasado juntos en familia.

Gracias a todos mis tíos

Que me apoyaron con sus consejos para conseguir mi meta.

A mi abuelitos

Miguel Maldonado
Elpidia Amaro
Celestino Castelan
Consuelo Sánchez

Que me ha hecho ver la vida con todo los consejos que me han dado

A todos mis primos

En especial a la mujer que dios me ha designado para rehacer mi vida
Gemma N

AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminar mi camino, por darme fuerza, libertad, sabiduría y paciencia para superar los obstáculos de la vida.

A mi "Alma Mater" la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Departamento Forestal, por brindarme su estancia, apoyo y la oportunidad de cultivarme.

A M.C. Salvador Valencia Manzo por brindarme su amistad y interés de superarme, por su valiosa aportación estadística en el contenido de esta tesis, revisión y dirección.

A Ing. Celestino Flores López por su amistad y por su valiosa amabilidad, así como por las facilidades dadas para disponer del material para realizar la tesis y además aportar en el contenido del trabajo.

A M.A. Luis Morales Quiñones por su amistad y amabilidad que dispuso durante la revisión y corrección del trabajo.

A Ing. Sergio Braham por apoyarme durante mi estancia en la Universidad.

A M.C. J. Armando Nájera Castro por el apoyo que me brindó para mi formación profesional.

A Ing. J. Antonio Ramírez Díaz por la amistad y enorme apoyo que me brindó durante mi carrera.

Al Departamento de Botánica en especial a T.A. Angélica Martínez Ortiz por su valiosa colaboración dentro del trabajo de laboratorio.

A todos mis amigos, Ing. Hector H., Ing. Alejandro, Ing. Carlos, Ing. Miguel A., Maribel, Elizabeth, Nadia, Abigail, Paola, Nazario A., Jesús, Román, Gregorio, Paulino, Felipe, Pedro, Eliseo, Gilberto H., Guadalupe y Zenón, por brindarme apoyo durante mi estancia en la Universidad y por apoyarme en el trabajo de tesis.

A todos mis compañeros de la generación XCVI, Modesto, Rafa, Gilberto L., Nallely, Olga, Neftaly, Librado, Eliseo, Gilberto H., Pedro, Jorge L., Valentín, Abel, Tomas, Marco A., Roberto S., Álvaro, con quienes pase grandes momentos de alegría melancolía y por sus grandes jornadas que compartimos, que se han vuelto recuerdos inolvidables

Y a todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 <i>Pinus teocote</i> Schl. et Cham.	3
2.1.1 Descripción	3
2.1.2 Distribución	4
2.1.3 Ecología	4
2.1.4 Usos	5
2.2 Traqueidas	5
2.2.1 Anatomía de las traqueidas	6
2.2.2 Importancia de la longitud de traqueidas	7
2.3 Formación de anillos de crecimiento	8
2.4 Variación	9
2.5 Disociación de la madera	12
2.6 Diseño del tamaño de muestra y correlación	13
III MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Descripción de la área de estudio	14
3.2 Trabajo de campo	16
3.2.1 Selección del arbolado	16
3.2.2 Extracción de rodajas	16
3.2.3 Seccionado de rodajas en fajas	16
3.3 Trabajo de laboratorio	18

3.3.1 Obtención de anillos de madera tardía	18
3.3.2 Disociación de la madera y tinción de traqueidas .	18
3.3.3 Montaje de laminillas	19
3.3.4 Medición de traqueidas	20
3.4 Tamaño de muestra	20
3.5 Análisis estadístico	21
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	24
4.1 Medias de tendencia central de dispersión	24
4.2 Análisis de varianza y de componentes de varianza	28
4.3 Varianza dentro del árbol	32
4.3.1 Variación en el eje transversal	34
4.3.2 Variación en el eje longitudinal	36
Análisis de los datos	38
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
LITERATURA CITADA	41
APÉNDICE	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de las traqueidas	6
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio de <i>Pinus teocote</i> de La Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	15
Figura 3. Representación esquemática, de corte de rodaja, extracción seccionado de la faja de madera	17
Figura 4. Representación esquemática de la variación de la longitud de traqueidas (mm) dentro de árboles, entre alturas de rodajas dentro de árboles y en clases de edad de <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	33
Figura 5. Representación esquemática de la variación de la longitud de traqueidas (mm) dentro de árboles para clases de edad de <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	35
Figura 6. Tendencia de la medias generales de la longitud de traqueidas en la sección longitudinal de árboles de <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	37

Cuadro 1. Componentes de los cuadrados medios esperados del análisis de varianza para la longitud de traqueidas madera tardía <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	23
Cuadro 2. Medidas de tendencia central y dispersión para la longitud de traqueidas de madera tardía de <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	24
Cuadro 3. Clasificación para la longitud de traqueidas para <i>Pinus</i> utilizada por Vignote y Jiménez (1996)	27
Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza y componente de la varianza para la longitud de traqueidas de madera tardía de <i>Pinus teocote</i> de la sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.	29
Cuadro 5. Coeficiente de correlación para <i>Pinus teocote</i> de la Sierra la Cebolla de Mpio. de Montemorelos, N. L.	38

ÍNDICE DE CUADROS

I INTRODUCCIÓN

En México, la industria forestal maderable depende en gran medida de los bosques de coníferas, en los cuales el género *Pinus* es su mayor representante y además uno de los más importantes recursos genéticos.

La madera es un material de naturaleza orgánica muy compleja y por lo tanto, difícil de entender y usar adecuadamente. Sin embargo, la anatomía de madera en coníferas es de las más sencillas, consta de células más o menos puntiagudas llamadas traqueidas; unas tienen paredes delgadas y forman la madera temprana y otras tienen paredes gruesas y forman la madera tardía. De forma general, las traqueidas, también llamadas fibras, constituyen del 90 al 95 % del total de células que forman la madera (Huerta, 1967).

En Nuevo León, *Pinus toecote* Schl. et Cham. es una especie importante económicamente, desde el punto de vista de aprovechamiento maderable, por lo que es necesario conocer más ampliamente las características de la madera para su mejor utilización. Considerando que para esta región no se tiene estudios realizados relacionados con la longitud de traqueidas para esta especie, surge la inquietud de realizar el presente estudio enfocado a conocer la variabilidad de la longitud de traqueidas en *Pinus teocote* en la Sierra la Cebolla de Montemorelos, Nuevo León. El trabajo se espera sea de interés para los técnicos de la madera a quienes les facilite determinar el uso más adecuado; de igual forma, la

información podría servir de apoyo en programas de mejoramiento genético de la especie.

1.1 Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es estimar el nivel y la magnitud de la variación de la longitud de traqueidas en madera tardía entre y dentro de árboles de *Pinus teocote*, de la Sierra la Cebolla, de Montemoleros, N. L.

Los objetivos específicos son:

- a) Estimar el valor promedio de la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus teocote*.
- b) Estimar la magnitud de la variación de la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus teocote*, entre árboles, entre alturas de fuste y entre clases de edad.

Las hipótesis nulas propuestas para el presente trabajo son:

Ho: No existen diferencias en la longitud de traqueidas de madera tardía entre diferentes árboles, entre diferentes alturas dentro de árboles, entre diferentes clases de edad dentro de altura de árboles, de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N.L.

Ho: No existe correlación entre la variables: ancho de traqueida, grosor de pared, ancho de lumen, longitud de traqueidas y con la densidad de la madera, de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N.L.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 *Pinus teocote* Schl. et Cham.

La especie fue clasificada por Schlechtendal y Chamisso en 1830, obteniendo su designación hasta el momento. Este pino está distribuido ampliamente es casi todo el país, lo que trae como consecuencia una amplia variabilidad a través de su rango de distribución (Eguiluz, 1978).

2.1.1 Descripción

Pinus teocote es un árbol con un follaje denso y erguido con una copa redonda e irregular, con una altura de 8 a 25 m, con ramas distribuidas irregularmente, ásperas, con un color moreno y brácteas caedizas. La corteza es áspera de color café grisáceo oscuro. Las hojas se presentan en fascículos de 3 a 4 con un longitud de 8 a 15 cm y con un grosor de 1 mm, son fuertemente rígidas y con borde aserrado, de color verde brillante amarillento y con estomas presentes dorsalmente, presentan canales resiníferos medios de 2 a 5 y algunas veces más, con paredes de la célula del endodermo rígida, engrosada y fibrovascular. Los conos son de color moreno rojizo, ovoides, cónicos, rara vez subcilíndricos, de 4 a 7 cm de largo, casi simétricos, en un pedúnculo corto de 5 a 8 mm y en ocasiones subsésiles o sésiles y por lo general son pronto caedizos, y por lo regular abren en enero. Las semillas son de color negrusco de

aproximadamente 4 mm y aladas, de 15 mm de largo por 5 mm de ancho, de color moreno (Perry, 1991).

2.1.2 Distribución

La especie se distribuye en la Sierra Madre de Chiapas, Sierra Madre del Sur, la Altiplanicie Mexicana, Eje Volcánico Transversal, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental. En México se localiza en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, México, Morelos, Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Tlaxcala, Tamaulipas y Querétaro (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978) y también se reporta para el Oeste de Guatemala (Perry, 1991).

2.1.3 Ecología

Los bosques de *Pinus teocote* forman rodales puros, y algunas veces van asociados con *Pinus arizonica*, *P. cembroides* Zucc., *P. estevezii* Mtz., *P. greggii* Engelm., *P. patula* Schl. et Cham. y *P. pseudostrobus* Lindl., en las partes principales de la Sierra Madre Oriental y en la Sierra Madre Occidental con *P. ayacahuite* Ehrenb., *P. chihuahuana* Engelm., *Pinus cooperi* Blanco, *P. durangensis* Martínez y *P. engelmannii*, Carr. y en el centro del país con *P. douglasiana* Martínez, *P. herrarai* Martínez, *P. lawsonii* Roetzl., *P. leiophylla* Schl. et Cham., *P. montezumae* Lamb., *P. pseudostrobus* Lindl. y además con *Abies*, *Alnus* y *Quercus* (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Rzedowski, 1978). Se encuentra

a una altitud de 1000 a 3000 msnm (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Perry, 1991). Se desarrolla en un medio físico muy variado con suelos bien drenados, clima templado con diferentes precipitaciones que varían de acuerdo al área de distribución. La temperatura media varía entre los 35 °C como máxima y los 8 °C como mínima (Eguiluz, 1978).

2.1.4 Usos

Su madera se usa principalmente en aserrío, en la industria de la celulosa y del papel, en tableros de contrachapado y tableros de partículas. También tiene usos regionales, como durmientes, morillos, cajas de empaque, tarimas, además para construcción de casas y en la industria resinera (Gómez, 1988).

2.2 Traqueidas

Las traqueidas son elongaciones de células xilemáticas producidas por el cambium vascular (Figura 1). Estas células son prosenquimatosas, es decir, desarrollan especialmente en longitud, son alargadas y con puntas elongadas, membranas transversales con poros areolados con un diámetro que varía de 20 a 44 micras y con un diámetro promedio de 32 micras en los gimnospermas (Eguiluz, 1978; Ruíz, 1979; Padilla, 1987).

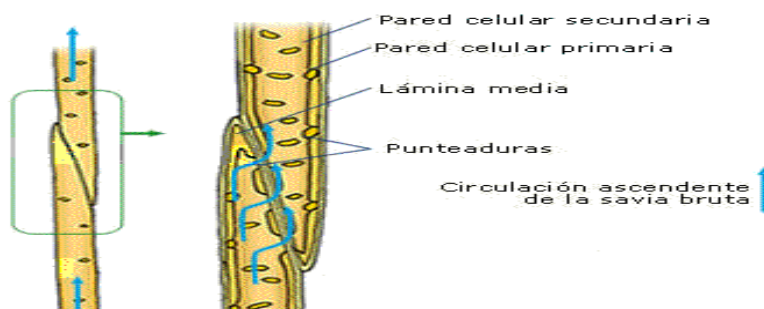


Figura 1. Representación esquemática de las traqueidas.

La madera de los *Pinus* se caracteriza por tener traqueidas y no vasos. Las traqueidas son delgadas y largas y en algunos casos sus extremos pueden ser ramificados. El leño de las coníferas se presenta muy homogéneo, las traqueidas no varían tanto en espesor y están ordenadas en series radiales debido a actividad cambial (Roth, 1976).

2.2.1 Anatomía de las traqueidas

En las gimnospermas, las células del cámbium se dividen para producir pocos tipos de células, en su mayoría traqueidas. Las traqueidas de madera temprana tienen grandes diámetros y paredes delgadas, las traqueidas de madera tardía son lignificadas, de paredes más gruesas y de menor lumen (Daniel *et al.*, 1982). Las traqueidas se distinguen de las traqueas en que se originan de células aisladas. Las traqueidas también tienen membranas secundarias lignificadas (Roth, 1976). Las traqueidas funcionan para la conducción del agua, la cual se hace a través de traqueidas de madera temprana, que tienen paredes delgadas y el movimiento del agua es menos resistente que en madera tardía que presentan paredes gruesas, lignificadas, las cuales funcionan principalmente en la resistencia de la madera alineándose en forma vertical, espiral o entrelazadas (Ruíz, 1979).

2.2.2 Importancia de la longitud de traqueidas

En las coníferas se encuentran las especies que representan las mayores existencias de uso maderable en México. Asimismo, la madera de coníferas son las que tienen traqueidas con mayores longitudes, que las hace importantes para la producción para papel de alta resistencia, como el papel kraft y papel periódico. En México los géneros más abundantes que constituyen mayor potencial fibroso para celulosa y papel son *Pinus* y *Abies* donde sus longitudes promedio varían desde 3 mm hasta 11 mm (Earl, 1967; Sánchez, 1998).

La longitud de traqueidas necesaria para producir papel de buena calidad debe tener una longitud mayor de 2.5 mm (Landrach y Gutiérrez, 1977). Sin embargo, Tamarit (1996) menciona esta característica no es la única que determina la calidad del papel, pero si una de las características de mayor influencia.

2.3 Formación de anillos de crecimiento

El crecimiento en espesor de las pináceas es debido al tejido celular del cámbium que se encuentra en la parte exterior del tronco y produce un aumento anual. Los anillos de las coníferas que forman la madera temprana, de color claro, tienen tejidos leñoso-porosos y en la madera tardía, de color oscuro los tejidos leñosos son más estrechos (Kollmann, 1959).

El cámbium vascular es el meristemo lateral que forma los tejidos secundarios, se localiza entre el xilema y el floema, éste contiene dos tipos de

células, las iniciales fusiformes y alargadas y las iniciales radiales. Las células fusiformes dan origen a todas las células de xilema y del floema, y las células radiales dan origen a células radio medulares para el caso de las coníferas (Esau, 1976).

Los anillos de crecimiento no están limitados a las zonas templadas, sino que además se encuentran en árboles tropicales y subtropicales, pero son menos marcados por su crecimiento constante. En zonas donde cambia de un periodo seco a una estación lluviosa pueden encontrarse anillos de crecimiento, éstos no son siempre estacionales, sino que pueden presentarse repetidamente durante el año y entonces son comparables con la bandas del floema en el cual puede hallarse diferentes capas de liber blando y liber duro durante el mismo año (Roth, 1976). Existen también anillos falsos, debido a un crecimiento tardío, lo da el aspecto de dos anillos producidos anualmente, pero que uno de ellos presenta alguna discontinuidad parcial (Padilla, 1987; Young, 1991).

En dos rodales de *Pinus patula*, se aplicaron tratamientos de aclareo, después de seis años aplicados los tratamientos, se tomaron muestras de maderas a tres altura del fuste donde se determinaron las características de los anillos de crecimiento antes y después de los aclareos. Se encontró que el efecto de los aclareos de empezó a notar después de los dos años en la anchura de la madera tardía y después de los cuatro años en la anchura madera temprana; la proporción de madera tardía no se vio afectada y la densidad de la madera disminuyó ligeramente por efecto de los aclareos (Hernández *et al.*, 1996).

2.4 Variación

Son diferencias anatómicas, morfológicas y fisiológicas determinadas por la influencia de los factores ambientales y genéticos entre individuos de la misma especie (Namkoong, 1981). El conocimiento de las variaciones es muy importante, pues sin ellas no sería posible producir nuevas combinaciones genéticas (Nienstaedt, 1990).

La variación puede ser continua o discontinua; la primera presenta variación en forma de gradiente, provocando que un carácter tenga valores secuenciales; mientras que en la variación discontinua los cambios son más bruscos en la característica (Nienstaedt, 1990).

En las especies forestales las diferencias se deben básicamente a tres factores importantes: a) las diferencias ambientales donde crecen los árboles; b) las diferencias genéticas entre los árboles; y c) las interacciones genotípicas entre árboles y el ambiente donde éstos se desarrollan.

Las fuerzas ambientales son las causas más importantes de variabilidad de algunas características, especialmente las relacionadas con el crecimiento de los árboles y la forma de los mismos; sin embargo, la calidad de la madera es menos afectada por el ambiente, en comparación con las características de crecimiento (Zobel y Talbert, 1988).

Para la genética de una especie es importante conocer y manejar la variabilidad para definir los objetivos de un programa de mejoramiento genético de árboles (Namkoong, 1981; Padilla, 1987; Vargas *et al.*, 1997).

En los estudios de variación natural en árboles forestales, se estudia la magnitud de las diferencias que existen entre especies, procedencias, rodales, sitios, árboles, e incluso dentro del árbol. La mayoría de las características económicas de valor económico en los árboles forestales, entre ellas las relacionadas con la calidad de la madera, presentan amplia variabilidad; pero las diferencias entre árboles individuales así como entre procedencias constituyen casi un 90 % de toda la variación (Zobel y Talbert, 1988). Sin embargo, cada especie tiene su propio patrón, así por ejemplo para longitud de traqueidas de *Pinus pseudostrobus* de la región central de México, se presentó mayor variación entre localidades, le siguió diferencias de anillos dentro de árboles y en menor magnitud diferencias entre árboles dentro de localidades (Bermejo y Eguiluz, 1993).

La longitud de traqueidas se ve afectada por la latitud, así como por el lugar geográfico donde crece la especie de interés (Zobel y Talbert, 1988). Así por ejemplo, el largo de las traqueidas de *Pinus hartwegii*, en la zona de Zoquiapan, Estado de México, presenta un amplia variabilidad y su tendencia es disminuir conforme aumenta la latitud (Hernández, 1985a). En *Pinus taeda*, en el estado de Georgia (USA) se encontró un longitud de traqueidas mayor en la costa y menor tierra adentro; sin embargo, en el estado de Carolina del Sur (USA) sucedió lo contrario (Zobel y Talbert, 1988).

La madera juvenil y madura también repercuten en las dimensiones de las traqueidas, ya que se presentan de mayor tamaño en la base de la copa viva, a partir de donde declina su largo a medida que avanza hacia el ápice, debido en parte a la existencia de traqueidas más cortas de la madera juvenil (Daniel *et al.*, 1982). En *Pinus taeda*, por ejemplo, se reporta que el largo de las traqueidas varía de menos de 2 mm en la madera juvenil hasta 3.5 o 5.5 mm en la madera madura (Zobel y Talbert, 1988).

También se han reportado diferencias importantes debido a diferencias del tipo de madera. *Pinus montezumae* Lamb., presenta una longitud promedio de 5.2 mm en la madera normal y de 3.2 mm en la madera de compresión (Novelo y Borja, 1984).

2.5 Disociación de la madera

Entre los métodos más utilizados para la disociación de la madera se tienen: Schultze, Jeffrey, Warlow y Franklin (Curtis, 1986). El método más utilizado para el caso de coníferas es el método de Franklin, el cual consiste en lo siguiente, se calienta la muestra de madera a 60 °C o se hierve en un aparato de reflujo con una mezcla de ácido acético glacial acético y de peróxido de hidrógeno al 30% en proporción 1:2 durante una hora o hasta que el tejido se macere (Curtis, 1986).

El método de Franklin ha sido empleado en diversos trabajos. Por ejemplo, se utilizó en los estudios de variación del peso específico y longitud de traqueidas de *Pinus pseudostrobus* (Bermejo y Eguiluz, 1993), y *Pinus cembroides* (Vaca, 1992).

El método de Franklin, también se ha utilizado modificando las proporciones de los reactivos, así como la temperatura y el tiempo de incubación en estufa, como lo hizo Rodríguez (1998) para el estudio de variación del largo de traqueidas dentro y entre árboles de *Pinus rudis*, en Arteaga, Coah.

2.6 Diseño del tamaño de la muestra y correlación

El objetivo del muestreo es estimar parámetros de la población, con base en información de la muestra con el fin de obtener una inferencia válida. (Screaffer *et al.*, 1986). El uso de fórmulas para calcular el tamaño de muestra, depende de las condiciones de la población a muestrear (Snedecor y Corhran, 1971; Steel y Torrie, 1988).

En el caso de estudios de variación donde existen efectos de diversos niveles o jerarquía, como por ejemplo, donde se desea conocer el efecto de procedencia, rodal dentro de procedencia y árbol dentro de rodal, el diseño que más se ha sugerido es la anidado o jerárquico (Zobel y Talbert, 1988).

En el muestreo es posible demostrar que varias características están relacionadas. Una forma de medir la relación o asociación es a través de la correlación, donde los valores van de -1 a 1 , pasando por cero, para indicar asociación negativa, positiva o sin asociación (Steel y Torrie, 1988).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la área de estudio

La ubicación del área de donde se obtuvo el material experimental se localiza entre los paralelos $25^{\circ} 23' 03''$ y $25^{\circ} 11' 30''$ de latitud norte y entre los meridianos $100^{\circ} 09' 19''$ y $100^{\circ} 06' 56''$ de longitud oeste (Figura 1), en la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L. a una altitud entre 1500 a 2000 msnm (CETENAL, 1977a).

Las rocas son de origen sedimentario que dan origen a suelos lúvicos crómicos, regosoles calcáreos con texturas medias y finas (DETENAL, 1977; FAO-UNESCO, 1990).

El clima del área presenta temperatura media anual es 20.6 °C, con precipitación media anual de 332.6 mm, con un invierno fresco, lluvias de verano con periodos cortos de secas correspondiendo un clima seco, semicálido, extremo con un fórmula Bso hw'(e) (García, 1987).

El área de estudio presenta un estrato arbóreo de bosque de pino encino (Martínez, 1948), con presencia de matorral inerme y subinerme, chaparral, así como pastizal natural e inducido (CETENAL, 1977b).

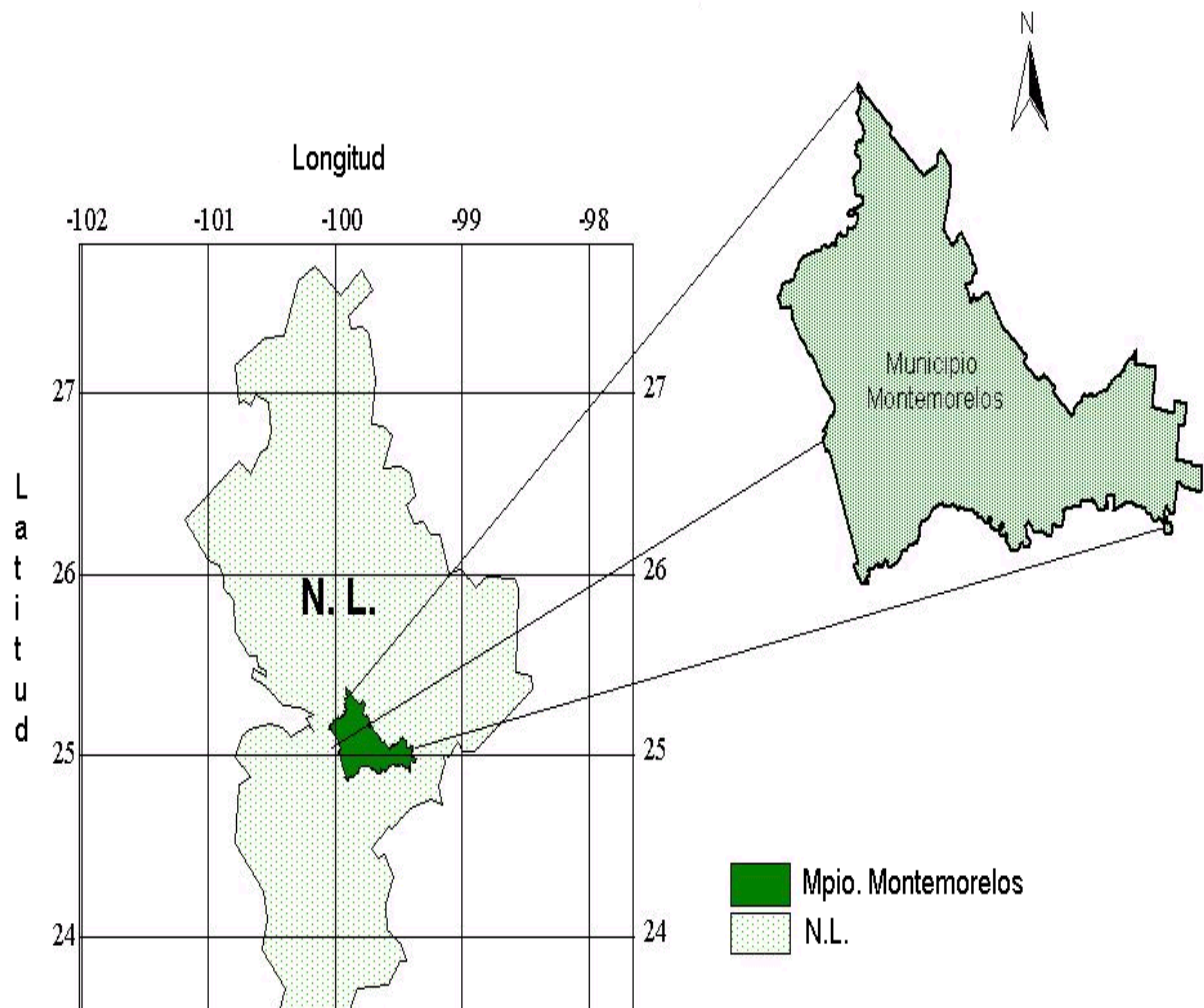


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio de *Pinus teocote* de La Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

3.2 Trabajo de campo

3.2.1 Selección del arbolado

El material obtenido para la presenta investigación fue parte de un trabajo para el estudio de variación de densidad de la madera (Trujillo, 1999). Para la selección del arbolado hicieron recorridos en un área bajo aprovechamiento. Se seleccionaron nueve árboles que no estuvieran dañados por plagas o enfermedades, ni bifurcados, quemados, despuntados, y que tuvieran un fuste bien definido.

3.2.2 Extracción de rodajas

Los árboles seleccionados fueron derribados y cortados en secciones comerciales (trozas) cada 2.54 m a partir de 0.30 m de altura sobre el nivel de suelo y hasta un metro antes del ápice. De cada troza se obtuvo una rodaja de 5 cm de grosor, las cuales se trasladaron al Departamento Forestal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.2.3 Seccionado de las rodajas en fajas

Cada rodaja se seccionó en fajas de aproximadamente 1 pulgada de ancho, 2 cm de grosor y el largo igual al diámetro de las rodajas (Figura 3).



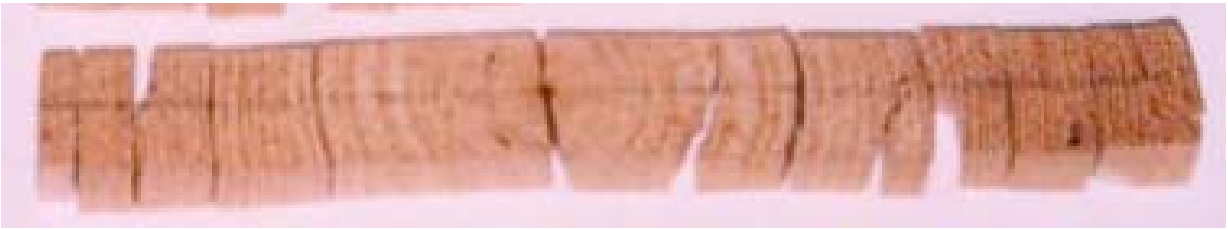
Rodajas de madera



Rodajas de madera seccionada



Faja de madera



Faja de madera seccionada a cada 10 años

Figura 3. Representación esquemática, de corte de rodaja, extracción seccionado de la faja de madera.

Posteriormente cada faja se seccionó con un formón, a cada ciclo de 10 años de crecimiento, quedando pequeñas secciones de aproximadamente de 5 cm. Cada sección o muestra de madera se identificó con un lápiz graso y se anotó el número del árbol, de rodaja, de lado de la muestra y clase de edad; por ejemplo: “10R8B60” el 10 representa el número de árbol, R8 el número de rodaja, B el lado al cual pertenece y el 60 representa la clase de edad en este, caso 51 a 60 años.

3.3 Trabajo de laboratorio

3.3.1 Obtención de anillos de madera tardía

Para el presente estudio se utilizaron únicamente tres de los nueve árboles empleados en el trabajo de Trujillo (1999). A cada sección se le extrajo la madera tardía de tres anillos de la parte media de la sección, los cuales se colocaron en frascos de vidrio de 10 ml, etiquetados con los mismos datos de la muestra.

3.3.2 Disociación de la madera y tinción de las traqueidas

De acuerdo con el método de Franklin modificado por Rodríguez (1998), a las muestras de madera tardía depositada en los frascos, se les agregó aproximadamente 4 ml de una mezcla de ácido glacial acético y peróxido de hidrógeno al 30 %, en proporción 1:1, cantidad necesaria para cubrir la muestra de madera. Los frascos se incubaron en una estufa a 70 °C por 24 hr. Se observó que la madera tomaran un color plateado lo cual indicó que las láminas medias estaban desintegradas, es decir, los anillos se han desintegrado. Posteriormente se le eliminó el reactivo contenido en los frascos, lavando tres veces con agua corriente para eliminar la sustancia contenida en la madera. En el último lavado se agitó el frasco varias veces para disociar el material.

Para permitir que las traqueidas fuesen más visibles al ser observadas en el estereoscopio, se tiñeron, para lo cual se depositó safranina en el material contenido en los frascos, el cual se dejó impregnar por 24 hr. Al término de este tiempo se lavó el material con agua destilada utilizando un pedazo de media para evitar la pérdida del material cuando se escurre y eliminar el exceso de colorante.

Después de ser lavado se le agregó tres gotas de formaldehído para preservar el material.

3.3.3 Montaje de laminillas

Una vez disociadas las traqueidas, se colocó la suficiente cantidad de material (traqueidas) en el portaobjetos, procurando que quedasen de forma perpendicular. Se agregó de una a dos gotas de bálsamo de Canadá y se colocó un cubreobjetos para fijar las traqueidas y facilitar medición. Cada laminilla se etiquetó con la misma información de cada frasco, es decir, la información de número de árbol, rodaja y clase de edad.

3.3.4 Medición de traqueidas

La medición de el largo de traqueidas se hizo en un estereoscopio con un ocular micrométrico de un objetivo de 5x y se observó las traqueidas completas. Uno de los oculares estaba acondicionado con un reglilla micrométrica de una escala de 100 unidades. En la medición de las traqueidas se tuvo precaución de evitar traqueidas dobladas, traslapadas así como evitar traqueidas incompletas.

3.4 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra o número de traqueidas a medir de cada sección o muestras de madera, se realizó un premuestreo, utilizando la fórmula que señala Freese (1969) y Cochran (1980):

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

t = valor t de student

s² = varianza muestral

E = error permitido

El valor de t y el valor de la varianza muestral se obtuvieron del premuestreo de ocho diferentes secciones, de diferentes alturas y diferentes clases de edad, de las cuales se midieron 20 traqueidas, en cada sección.

De acuerdo con los resultados obtenidos del premuestreo, el tamaño de muestra varió entre las diferentes secciones, y del porcentaje de error permitido. Por ejemplo, en la sección 12R8B20 se obtuvo una media de 7.63 unidades, con una varianza muestral de 1.175, el valor t de tablas fue de 4.381 y con un error permitido de 5 % indicó que el tamaño de muestra deberían de ser de 35 traqueidas a medir (Apéndice 1). Al realizarse cálculos a diferentes porcentajes del error permitido (10 %, 8 % y 5 %) se optó por tomar un promedio de 20 traqueidas de cada sección, lo cual significaba un error alrededor de 7 %. Existen también

trabajo relacionados con el presente estudio, como el de Rodríguez (1998) y Vaca (1992) que midieron 20 y 15 traqueidas, respectivamente, como tamaño de muestra.

3.5 Análisis estadístico

Previo a la realización de los análisis estadísticos, se transformaron los valores obtenidos con la reglilla micrométrica, a milímetros. Para realizar el análisis de varianza, se consideró un diseño completamente al azar, pero de efectos anidados, el cual es recomendado para estudios de este tipo (Zobel y Talbert, 1998).

El modelo estadístico utilizando para el análisis de varianza de la longitud de traqueidas fue el siguiente.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + HR_{i(j)} + NS_{i(jk)} + E_{i(jkl)}$$

Donde:

Y_{ijkl} = valor de la variable

μ = efecto de la media de la población para la característica de estudio

A_i = efecto debido a diferencias entre árboles

$HR_{i(j)}$ = efecto debido a diferencia en la altura de rodajas dentro de árboles

$NS_{i(jk)}$ = efecto debido a diferencias entre clase de edad dentro de altura de rodajas

$E_{i(jkl)}$ = efecto aleatorio (error)

$i = 1, 2, 3 \dots\dots\dots a$ (número de árboles)

$j = 1, 2, 3 \dots\dots\dots b$ (número de rodajas)

$k = 1, 2, 3 \dots\dots\dots c$ (número de clases de edad)

$l = 1, 2, 3 \dots\dots\dots n$ (número de observaciones en cada muestra)

La interpretación del modelo es que la variable respuesta esta en función de una media poblacional, mas el efecto del i -ésimo árbol, el efecto de la j -ésima rodaja dentro del i -esimo árbol, el efecto de la k -ésima clases de edad de la j -ésima rodaja del i -ésimo árbol y el error de muestreo dentro de las secciones (Zobel y Talbert, 1998).

También se realizó un análisis de componentes de la varianza considerando el mismo modelo estadístico. En el Cuadro 1, se presentan los cuadrados medios esperados. Asimismo, se realizaron análisis de correlación de la longitud de traqueidas, con densidad de la madera y con dimensiones transversales de traqueidas. Los datos de densidad de la madera corresponden al trabajo de Trujillo (1999) y las dimensiones transversales de traqueidas, del trabajo de Tinajero (2004).

Cuadro 1. Componentes de los cuadrados medios esperados del análisis de varianza para la longitud de traqueidas *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

F.V	G. L	Esperanza de los Cuadrados Medios
-----	------	-----------------------------------

A	(a)	a - 1	$\sigma^2_e + K_3 \sigma^2_{c(a,b)} + K_5 \sigma^2_{b(c)} + K_6 \sigma^2_a$
HR	(b)	a (b - 1)	$\sigma^2_e + K_2 \sigma^2_{c(a,b)} + K_4 \sigma^2_{b(c)}$
CE	(c)	ab (c - 1)	$\sigma^2_e + K_1 \sigma^2_{c(a,b)}$
Error (e)		abc (n - 1)	σ^2_e

F.V. = Fuentes de variación; G. L. = Grados de libertad; σ^2_e = variación del error; σ^2_a = varianza entre árboles; σ^2_b = Varianza entre altura de rodajas; σ^2_c = Variación entre clases de edad; $K_{1...6}$ = Coeficiente de asociación a los componentes de varianza; a = Número de árboles; b = Número de rodajas; c = Número de clases de edad; A = Árbol; HR = Altura de rodajas; CE = clases de edad.

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS (Statistical Analysis System) usando el procedimiento PROC UNIVARIATE, para verificar la normalidad de los datos; PROC MEANS, para obtener los valores de medias y los estadísticos de dispersión; PROC GLM, para los análisis de varianza y de componentes de varianza; y PROC CORR para los análisis de correlación.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Medidas de tendencia central de dispersión

La media general estimada de longitud de traqueidas de madera tardía de tres árboles muestreados de *Pinus teocote*, de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N.L., fue de 4.046 mm con un valor mínimo de 1.000 mm y con un valor máximo de 6.997 mm; generando un amplio rango de 5.998 mm, y registrando un coeficiente de variación de 27.73 %, estos valores presentados se obtuvieron de 2295 traqueidas medidas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medidas de tendencia central y dispersión para la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus teocote* de la sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

Variable	n	Valor	Valor	Valor	Error			
		mínimo (mm)	promedio (mm)	máximo (mm)	Amplitud (mm)	estándar (mm)	s (mm)	C.V. (%)
LT	2295	1.000	4.046	6.997	5.998	0.0234	1.122	27.73

LT = longitud de traqueidas; n = número de muestras; s = desviación estándar; C.V. = coeficiente de variación.

De acuerdo con los datos presentados, el valor promedio con un más menos una desviación estándar ($4.046 \text{ mm} \pm 1.122 \text{ mm}$), y considerando una distribución normal, se considera que alrededor del 68 % de las traqueidas de *Pinus teocote* se encuentran entre 2.924 mm y 5.168 mm. De acuerdo con los intervalos de confianza y con un 99.9 % de confiabilidad la media poblacional se encuentra entre los valores de 3.986 mm y 4.105 mm, los cálculos se obtuvieron mediante la fórmula de intervalos de confianza, para el promedio de una distribución normal (Walpole y Myers, 1996).

Para *Pinus teocote* en la Sierra de Oaxaca, Hernández (1987) reporta un promedio de longitud de traqueidas de 3.79 mm con una población medida de 5100 traqueidas, un error estándar de 0.016 mm y un coeficiente de variación de 30.10 %. El valor promedio obtenido por Hernández (1987) es inferior al encontrado en el presente trabajo, lo cual refleja que siendo la misma especie, existe efecto del origen o procedencia. Este tipo de situaciones está documentado, por ejemplo, en un estudio de *Pinus teocote*, se encontró un valor promedio en la

longitud de traqueidas de 4.25 y 3.86 mm para las procedencias de Puebla y de Tlaxcala, respectivamente (Zobel y Talber, 1988).

En otros trabajos sobre longitud de traqueidas de otras especies, se reportan valores muy aproximados a los obtenidos en el presente estudio. Por ejemplo, en *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mtz. 2.816 mm (Yáñez y Caballero, 1991); en *Pinus rudis*, de Sierra de Arteaga, Coah., 3.36 mm (Rodríguez, 1998); en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* 4.411 mm y en *Picea chihuahuana* 3.926 mm (Borja *et al.*, 2000ab); en *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* 4.100 mm (Goche *et al.*, 2000); en *Pinus patula* Schl. *et* Cham. valores de 1.916 y 1.804 mm para la localidad Neolico y para la localidad Orizaba, respectivamente, en este último caso se trata de plantaciones de 13 y 14 años de edad (Ortega, 1999).

Es importante señalar que los diversos trabajos tienen metodologías diferentes, lo cual dificulta, en muchos de los casos hacer comparaciones válidas, dado que unas veces únicamente se obtuvieron muestras a una sola altura del fuste pero un grupo amplio de árboles y en algunos casos de diferentes localidades. Para el presente estudio, los valores obtenidos para *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L. , provienen de un muestreo de tres árboles, en cada uno de ellos con muestreo en ocho alturas del fuste y de cada una de ellas, muestreo por clases de 10 años en 10 años, lo cual hace tener un valor confiable para el promedio por árbol, así como por altura del fuste y por clase de edad; pero no por localidad, debido a la cantidad de árboles empleados.

En especies latifoliadas las fibras son más cortas que en el género *Pinus*, de acuerdo con los datos obtenidos en un trabajo realizado por Tamarit (1996) las longitudes de fibras promedio para *Quercus castanea*, *Quercus martinezii* y *Cedrela odorata* fueron de 1.819 mm, 1.519 mm y 1.372 mm, respectivamente. Huerta *et al.* (2000) en el género *Quercus* reportan valores promedios en la longitud de las fibras de 1.2 a 1.7 mm. De la Paz *et al.* (1982) reportan para *Populus mexicana* Wesm, *Salix chilensis* Mol. y *Platanus mexicana* Moric., medias de 1.447 mm, 1.047 mm y 1.439 mm, respectivamente. En especies tropicales la longitud de fibras para *Protium copal* (Schl. et Cham.) Engl. de 0.768 mm, en *Talisia oliveaformis* (H.B.K.) Radlk. su media es de 1.106 mm y en *Parmentiera edulis* DC. fue de 0.690 mm (Rangel, 1982).

Una de las características más variables dentro las propiedades de la madera es la longitud de traqueidas, ya que se presentan diferencias entre coníferas y latifoliadas, así como diferencias entre especies y dentro de las mismas. En general, la longitud de las fibras de las latifoliadas son similares a la longitud de las traqueidas de madera juvenil de los *Pinus* (Zobel y Talbert, 1988).

El valor promedio de longitud de traqueidas para *Pinus teocote* del presente estudio, es de 4.046 mm. De acuerdo con la clasificación de longitud de traqueidas de Vignote y Jiménez (1996) le corresponde a una longitud grande (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación para la longitud de traqueidas para *Pinus* utilizada por Vignote y Jiménez (1996)

Longitud de traqueidas	Clasificación
Inferior de 2 mm	Longitud pequeña
Entre 2 y 3 mm	Longitud mediana
Mayor de 3 mm	Longitud grande

Ladrach (1987) y Zobel y Jett (1995) mencionan que todas las especies que tienen una longitud de traqueidas mayor de 2.5 mm, son excelentes para la fabricación de papel de buena calidad, para el caso de coníferas. La longitud de traqueidas refleja de manera importante la calidad en el producto final (Hernández, 1985b). En los resultados reportados para *Pinus teocote*, es una especie apropiada para la obtención de pulpa para papel de muy buena calidad. La resistencia del papel al rasgado se debe principalmente a la longitud de traqueidas, ya que las pulpas para papel de traqueidas cortas dan una menor resistencia al papel (Larios, 1979). Por su parte Paul (1963), Mcmillin (1970) y Ladrach y Gutiérrez (1977) describen que la longitud de traqueidas es una característica que influye en diversas propiedades que determinan la calidad del papel. Tamarit (1996) señala que la longitud de traqueidas no es la única característica que determina la calidad del papel sino también el diámetro, ancho de la pared, ancho de lumen y la densidad de la madera.

El coeficiente de variación representa la variabilidad que existe dentro de la longitud de traqueidas, siendo atractiva para el uso en el mejoramiento genético, siempre que exista una heredabilidad considerable. En este sentido, en una revisión que hace Zobel y van Buijtenen (1989) sobre diversos estudios relacionados con la

heredabilidad en características de la madera, señalan una heredabilidad de 0.44 en *Pinus taeda*, 0.66 en *Pinus radiata*, 0.56 en *Pinus elliottii* y 0.38 para *Picea* y *Abies*, para longitud de traqueidas.

4.2 Análisis de varianza y de componentes de varianza

Los resultados del análisis de varianza para longitud de traqueidas, muestran que no hubo diferencias significativas entre árboles, pero si hubo diferencias altamente significativas para las fuentes de variación altura de rodajas y clases de edad (Cuadro 4).

ANVA Y COMPONENTES DE VARIANZA

Está documentado que características de la madera, como es su densidad, y características de las traqueidas, presentan diferencias entre especies y entre árboles (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, en un trabajo con tres especies de *Pinus*, Feria y Eguiluz (1989) reportan que existe variación en longitud de traqueidas entre especies y entre árboles dentro de especies.

Dentro de una especie, existen trabajos donde se ha encontrado diferencias entre árboles y otros donde estas diferencias no son significativas. Por ejemplo, en *Pinus teocote*, Trujillo (1999) reporta que existe variación en la densidad de la madera entre árboles, a diferentes altura del fuste dentro de árboles y en diferentes clases de edad. De igual modo, en *Pinus rudis*, se encontraron diferencias entre árboles, entre alturas de fuste y entre secciones dentro de altura del fuste, para densidad de la madera (López, 1997) y para longitud de traqueidas (Rodríguez, 1998). Sin embargo, en un estudio de *Pinus cembroides* Zucc. Vaca (1992) encontró en variación en la densidad de la madera entre árboles, entre

alturas de fuste y entre secciones dentro de altura del fuste, pero para longitud de traqueidas únicamente reporta diferencias entre clases de edad.

El hecho de no encontrar diferencias entre árboles en este estudio, puede ser atribuible a que los tres árboles en estudio fueron del mismo sitio, lo cual hace pensar en la alta posibilidad de que sean parientes entre ellos. Sin embargo, en el estudio de *Pinus cembroides* (Vaca, 1992) los árboles en estudio fueron de diferente sitio y tampoco hubo diferencias entre árboles, lo cual lleva a pensar que el tamaño de muestra puede influir y se requiere sea mayor para detectar diferencias entre árboles, o bien, a que esta variable tiene una respuesta diferente en cada especie.

De los análisis de componentes de varianza, puede notarse en los componentes de varianza estimados en porcentaje (CVE %) que la mayor contribución fue debida a diferencias entre clases de edad (63.93 %) y que las diferencias entre altura de rodaja contribuyeron muy poco (6.63 %) a la varianza total y no hubo contribución debido a diferencias entre árboles (Cuadro 4).

Al comparar con otros estudios, se encontró una tendencia similar en la contribución de las fuentes de variación a la varianza total. Vaca (1992) obtuvo para *Pinus cembroides* que diferencias entre clases de edad contribuyó con la mayor cantidad (75.6 %) mientras que diferencias entre árboles y entre alturas de rodaja no contribuyeron a la varianza total. A su vez, para *Pinus rudis* Rodríguez (1998) menciona que la mayor parte de la variación fue atribuible diferencias entre

secciones dentro de altura de rodaja (52.7 %), le siguió diferencias entre altura de rodaja (16.8 %) y después diferencias entre árboles (14.8 %).

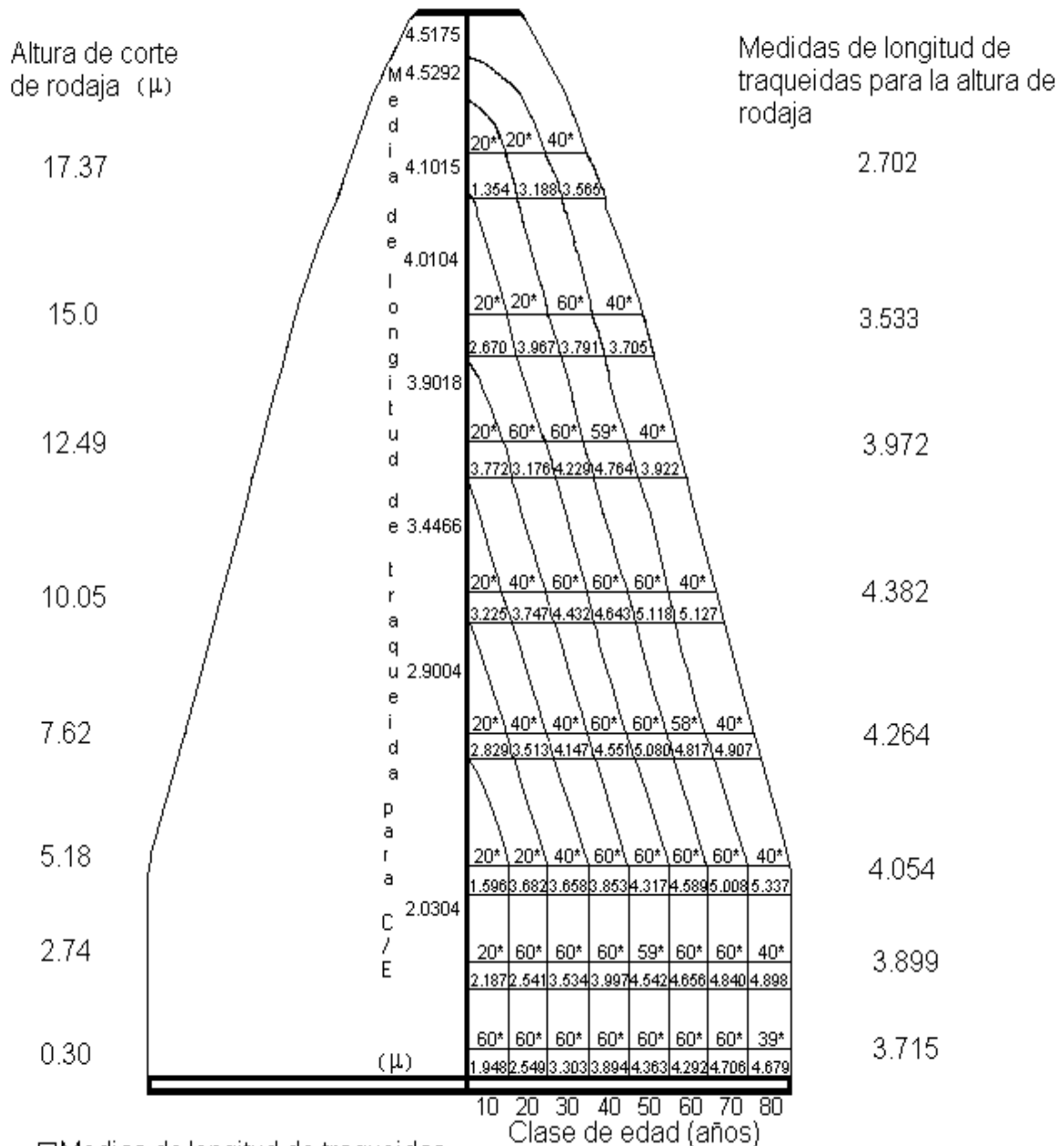
Está ampliamente documentado que las traqueidas de madera juvenil y las de madera madura difieren en sus características (Daniel *et al.*, 1982; Zobel y Talbert, 1988), lo cual se vió reflejado en el presente trabajo y los consultados, que para el largo de traqueidas la mayor influencia está dada por la edad en que se forma la madera.

4.3 Varianza dentro del árbol

La representación del perfil interior del árbol, para longitud de traqueidas, muestra una amplia variación dentro del mismo, es decir, tanto en forma longitudinal y como transversal. Se observa un valor mínimo de 1.948 mm en altura a 0.30 m y clase de edad de 10 años y un valor máximo de 5.337 mm en altura de 5.18 m y clase de edad de 80 años (Figura 4).

De manera general se nota en las diferentes alturas del fuste un incremento de la médula hacia la corteza del árbol. Mientras que en el eje longitudinal del árbol se observa para las diferentes clases de edad, que los valores de longitud de traqueidas aumentan de la base del árbol hacia la parte media y posteriormente disminuyen ligeramente hacia el ápice cuando no se encuentran cerca de la médula y disminuyen de manera más fuerte hacia el ápice cuando se encuentran cerca de la médula (Figura 4).

En *Pinus cembroides* (Vaca, 1992) y en *P. rudis* (Rodríguez, 1998) también se reporta una amplia variación dentro del árbol para longitud de traqueidas. Al igual que en otros estudios para otras características; por ejemplo, en *Pinus rudis* para densidad de la madera (López, 1997) y en las dimensiones transversales de traqueidas (Ibarra, 1999) y en *P. teocote* para densidad de la madera (Trujillo, 1999) y dimensiones transversales de traqueidas (Tinajero, 2004).



□ Medias de longitud de traqueidas.
 * Número de observaciones.

Figura 4. Representación esquemática de la variación de la longitud de traqueidas (mm) dentro de árboles, entre altura de rodajas dentro de árboles, y por clases de edad de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos N. L.

4.2.1 Variación en el eje transversal

En el eje transversal del árbol se observa, para la longitud de traqueidas, que existe una tendencia de aumentar de manera considerable de la clase de edad 10 años hasta la clase de edad 40 años; de allí a las clase de edad 60 años permanece casi constante; y después se presenta un ligero aumento en la clase de edad 70 años (Figura 5).

Tendencias similares han sido señaladas para longitud de traqueidas en *Pinus cembroides* (Vaca, 1992) y en *Pinus rudis* (Rodríguez, 1998). Dichas tendencias coinciden a lo que señalan Zobel y Talbert (1988) y Bannan (1968) quienes indican que el largo de las traqueidas aumenta de la madera juvenil hacia la madera madura, donde se estabiliza logrando sus máximos valores. Así por ejemplo, en *Pinus patula* a una edad 13 años, Ortega (1999) encontró un incremento anual de 0.31 mm en la longitud de traqueidas, que significa un incremento considerable en la etapa de madera juvenil.

Este patrón de variación se explica por el ritmo de crecimiento de los árboles, ya que en los primero años o etapas de desarrollo, el árbol se caracteriza por la formación de madera juvenil, que se identifica por su traqueidas de dimensiones más cortas y paredes delgadas (Daniel *et al.*, 1982).

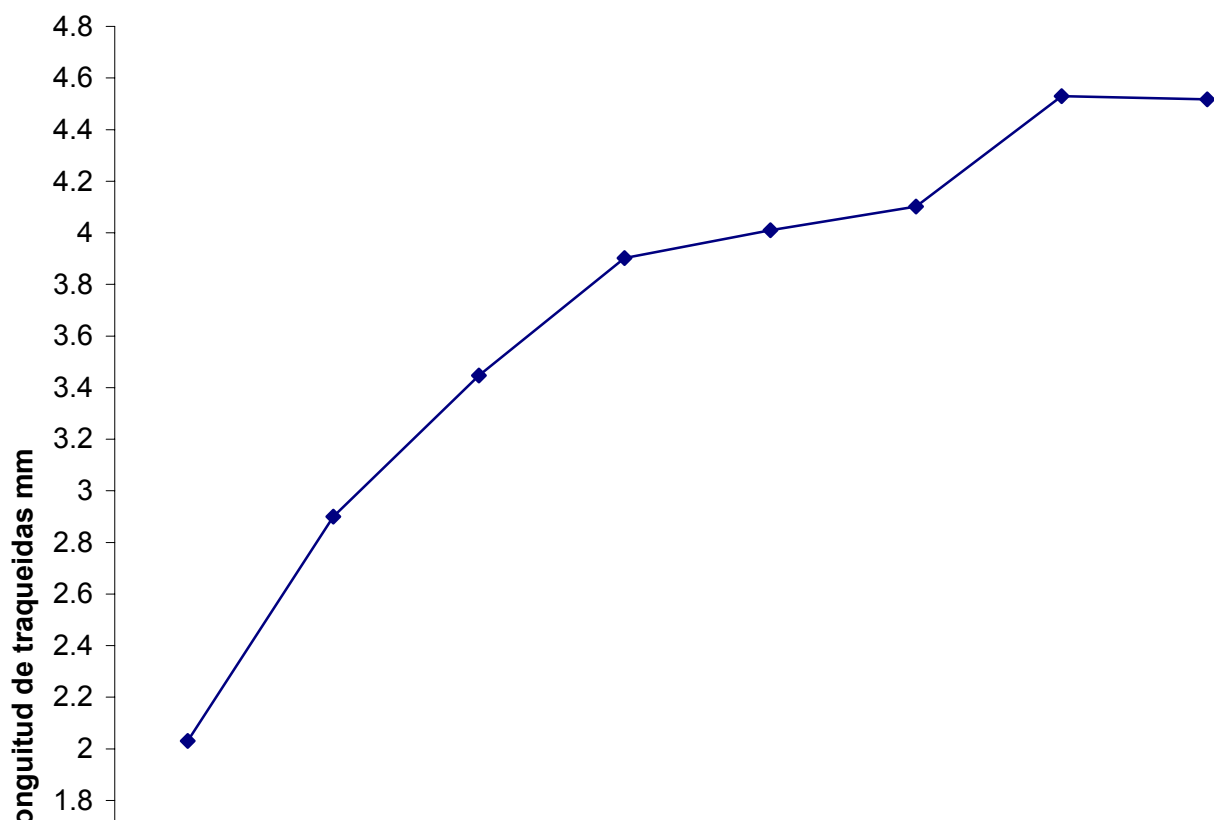


Figura 6. Representación esquemática de la variación de la longitud de traqueidas (mm) dentro de árboles para clases de edad de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N.L.

Esto no quiere decir que la madera juvenil sea de mala calidad, sino que por sus propiedades físicas y anatómica es diferente a la madera madura (Zobel y Talbert, 1988).

4.3.2 Variación en el eje longitudinal

En el eje longitudinal se puede observar claramente que la longitud de traqueidas aumenta de la base del árbol (0.30 m) con un valores de 3.715 mm, hasta la parte media del fuste de 4.382 mm (10.05 m), donde empieza a declinar los valores de 3.972 mm (12.5 m), hasta la parte más alta (17.37 m) de la copa de 2.702 mm (Figura 6).

Esta tendencia es similar al reportado para longitud de traqueidas de *Pinus rudis*, donde se presenta un aumento desde la base del árbol (0.30 m) hasta la parte media (7.92 m) y de ahí hacia el ápice decrecen los valores (Rodríguez, 1998). Para la longitud de traqueidas de *Pinus cembroides* no hubo diferencias estadísticas entre las diferentes alturas del fuste y sólo se presenta una ligera disminución hacia el ápice, siempre que se comparen traqueidas de la misma clase de edad (Vaca, 1992).

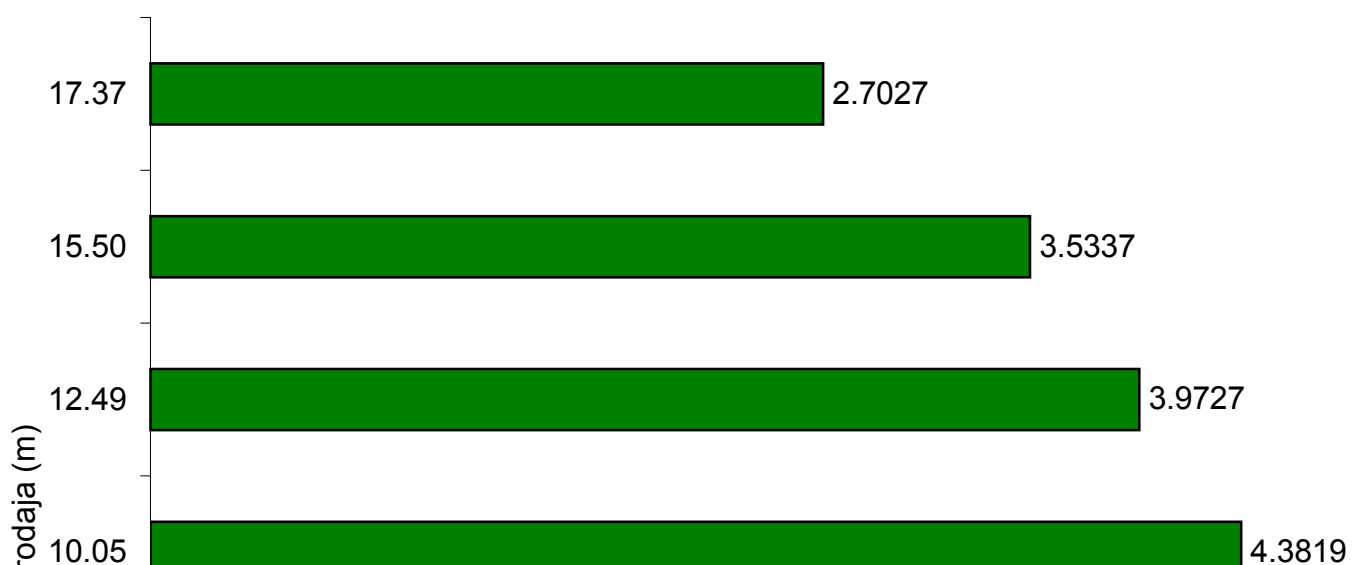


Figura 7. Tendencia de la medias generales de la longitud de traqueidas en la sección longitudinal de árboles de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

s variables

Los resultados del análisis de correlación muestran que el largo de traqueidas tiene una fuerte correlación positiva y significativa con el grosor de pared, ancho de lumen y ancho de traqueida, pero no presentó correlación significativa con densidad de la madera (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficiente de correlación para *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

	Gp	Al	At	Dm
Lt	0.57	0.41	0.61	0.09
Probabilidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.3286

Lt = Longitud de traqueidas; Gp = Grosor de pared; Al = Ancho de lumen; At = Ancho de traqueidas; Dm = Densidad de la madera.

Al comparar con otros trabajos se encontraron diversas situaciones. Por ejemplo, en *Pinus rudis* se presentó una correlación positiva y fuerte (0.58) entre densidad de la madera y longitud de traqueidas (Rodríguez, 1998), mientras que en *Pinus cembroides* la correlación entre las mismas variables fue negativa y

fuerte (-0.68) (Vaca, 1992). A su vez, Zobel y Jett (1995) reportan para *Pinus taeda* una correlación pequeña (0.10). Lo anterior, hace pensar que no existe un patrón o tendencia general para todas las especies.

Daniel *et al.* (1982) señalan que la longitud de traqueidas se asocia ciertamente con la dimensiones transversales de las mismas, pero de manera particular con el ancho de traqueida, ancho de lumen y grosor de pared, tal como sucedió en el presente estudio.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados del estudio sobre variación en longitud de traqueidas de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L. se presentan las siguientes conclusiones:

1. La longitud promedio de traqueidas fue de 4.046 mm; su media poblacional se encuentra entre de 3.986 mm y 4.105 mm con un 99.9 % de confiabilidad y se clasifica como traqueidas de longitud grande.
2. Considerando una distribución normal, el 68 % de las traqueidas bajo estudio se encuentran entre 2.924 mm y 5.168 mm de longitud.
3. La longitud de traqueidas presentó una amplia variación (CV= 27.73 %).
4. No se presentaron diferencias entre árboles, pero si hubo diferencias entre altura de rodajas dentro del árbol y entre clases de edad.
5. La mayor contribución a la varianza total fue debida al efecto de diferencias entre clases de edad (63.93 %) y en menor medida a diferencias entre altura de rodaja (6.63 %).
6. Se presentó una amplia variación dentro del árbol. En el eje transversal se presenta un incremento conforme aumenta la clase de edad y en el eje longitudinal se presenta un aumento

desde la base del árbol hasta la parte media del fuste, donde empieza a declinar hacia el ápice.

7. La longitud de traqueidas presentó una fuerte correlación positiva con las dimensiones transversales de traqueidas, pero no se presentó correlación significativa con la densidad de la madera.

Se recomienda lo siguiente:

1. La madera de *Pinus teocote*, se las dimensiones de traqueidas son apropiadas para la elaboración de pulpa para papel.
2. Realizar estudios de variación de características de la madera de esta especie, que comprendan una amplia área de distribución natural.
3. En estudios de un sitio o localidad aumentar el número de individuos y la distribución dentro del área de éstos.
4. Estudiar el control genético de longitud de traqueidas y de otras características de la madera a través de ensayos de procedencias y pruebas de progenies.
5. En trabajo de laboratorio se deben tener ciertas precauciones; por ejemplo, al meter las muestras a la estufa esa aconsejable monitorear periódicamente, para reducir riesgos debido a la presión y temperatura.
6. Cuando se realice la fijación de traqueidas en el laboratorio se haga lo más rápido posible, para evitar se deshidraten y se deformen.

- Bannan, M. W. 1968. The problem of sampling in studies of tracheid length. *Forest Science*. 14 (2): 140-147.
- Bermejo V., B. y T. Eguiluz P. 1993. Variación natural del peso específico y longitud de traqueidas en poblaciones de *Pinus pseudostrobus* de la región central de México. *Agrociencia, Recursos naturales renovables*. 3 (2): 23 – 35.
- Borja de la R., A., J. F. Zamudio S., R. Goche T., D. Meza J. y A. Romero L. 2000a. Cinco características tecnológicas de *Pinus caribea* var. *hondurensis* Barr et Golf. de una plantación en la sabana Oaxaca. En: Resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango, Dgo. México. Pp. 74-75
- Borja de la R. A., J. F. Zamudio S. y S. Sánchez B. 2000b. Determinación de transición de la madera juvenil y madera madura de *Picea chihuahuana* Mtz. En: Resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos forestales. Durango, Dgo. México. Pp. 77-78
- CETENAL. 1977a. Carta topográfica. G14C46 Rayones. Esc. 1: 50000. México
- CETENAL. 1977b. Carta de vegetación. G14C46 Rayones. Esc. 1: 50000 México
- Cochran, W. G. 1985. Técnicas de muestreo. C.E.C.S.A. México. 511 p.
- Curtis, P. J. 1986. Microtecnia vegetal. Trillas. México. 106 p.
- Daniel, T. W., A. J. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. MacGrawHill. México. 492 p.
- De la Paz O., C., P. Olvera C. y M. G. Corral L. 1985. Estudio anatómico de la madera de 26 especies de angiospermas de clima templado. Boletín técnico. No 91. SARH. México. 126 p.
- DETENAL. 1977. Carta de uso del suelo. G14C46. Rayones. Esc.1: 50000. México.
- Earl, L. C. 1967. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. C.E.C.S.A. México. 534 p.

- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 623 p.
- Esau, K. 1976. Anatomía vegetal. 2ª edición. Edición Omega, S.A. Barcelona, España. 779 p.
- FAO-UNESCO. 1990. Informe sobre los recursos mundiales de suelos y mapa mundial de suelos. Roma, Italia. 142 p.
- Feria P., S. y T., Eguiluz P. 1989. Variación natural en longitud de traqueidas y dimensiones transversales de las traqueidas en *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* var. *cornuta* de la Sierra Chatina, Oaxaca. INIFAP, SARH. No 82. Pp. 1030 – 1060
- Freese, F. 1969. Muestreo forestal elemental. Boletín de agricultura. Estación experimental forestal del Sur Servicio Forestal. Departamento de Agricultura de los EE.UU.DEA. No 232. 96 p.
- García, E. S. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 217 p.
- Goche T., R., M., Fuentes S. y A., Borja de la R. 2000. Variación de la densidad básica y longitud de traqueidas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* En: resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango Dgo. México. Pp. 73-74
- Gómez D., V. 1988. Propiedades tecnológicas de la madera y aplicaciones. En: Memoria del IV seminario nacional de industria maderera. Publicaciones especiales del INIFAP No. 82. México. Pp. 99 – 119.
- Hernández G., A. 1987. Variación en la longitud de la traqueidas de cuatro especies de pino de la Sierra Juárez, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 44 p.
- Hernández H., F. 1985a. Variación natural en *Pinus hartwegii* en peso específico y longitud de traqueidas en Zoquiapan México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 45 p.

- Hernández L., A., M., Martínez R., J J., Vargas H., A., Velásquez M. Y G., Angeles P. 1996. Características de los anillos y densidad de la madera a diferentes altura del fuste en rodales aclareados de *Pinus patula* Schal et Cham. Ciencia Forestal. 21(80): 39 - 55.
- Hernández M., H. 1985b. Variación natural de *Pinus hartwegii* dimensiones transversales de la traqueidas en un transecto altitudinal de Zoquiapan. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- Huerta C., J. 1967. Anatomía de la madera de 12 especies de coníferas Mexicanas. Boletín Técnico. No 51. México. INIF. 56 p
- Huerta C., J. 2000. Características de las fibras de quince especies maderables de Durango. En: resumen de ponencias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango, Dgo. México. 41 p.
- Ibarra G., R. 1999. Variación de dimensiones transversales de traqueidasde madera tardia dentro y entre arboles de *Pinus rudis* Endl, en la Sierra las Alazanas, Arteaga, Coah. Tesis profesional. Univesidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah, México. 71 p.
- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Instituto forestal de investigación y servicios de la madera. Madrid, España. 675 p.
- Ladrach, W. E. 1987. Calidad del a madera de *Pinus oocarpa*. Informe de investigación No 116. Smurfit Cartón Colombia. Investigación forestal. Cali, Colombia. 7 p.
- Landrach, W. E. y M. Gutiérrez. 1977. Análisis de la calidad de la madera de *Cupresus lasitanica*. Informe de investigación No. 23. Smurfit Cartón Colombia. Investigación Forestal. Cali, Colombia. 13 p.
- Larios S., P. 1979. Índices de calidad de la pulpa de dos coníferas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.
- López A., F. 1997. Variación en la densidad de la madera entre y dentro de árboles de *Pinus rudis* Endl. En la Sierra las Alazanas, Arteaga Coah.

Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coah. , México. 55 p.

Martínez, M. 1948. Los pinos Mexicanos. 2ª edición. Ediciones Botas. México. 361 p.

McMillin, C. W. 1969. Aspect of fiber morphology affecting properties of handsheets made from loblolly pine refiner groundwood *In: Wood Sci. And Tech. USA.* 3 p.

Namkoong, G. 1981. Introduction to qualitative genetics in forestry. North Carolina State University Departments of Forestry Resource and Genetics. Castle House Publications. North Carolina, U.S.A. 342 p.

Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memoria de mejoramiento genético y plantaciones forestales, Eguluz P., T. y A., Plancarte B. (editores) Lomas de San Juan, Chapingo, México. 209 p.

Novelo G., G. J. y A. Borja R. 1984. Algunas características anatómicas y físico mecánicas de madera normal y de madera de compresión de *Pinus montezumae*. Revista Chapingo. 43 (44): 190 – 193.

Ortega E., F. 1999. Densidad relativa y longitud de traqueidas en cinco familias de *Pinus patula* Schltl, et Cham. de diferentes sitios. Tesis de maestría. Instituto de Genética Forestal. Universidad Veracruzana. Xalapa Ver. México. 58 p.

Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa. México. 118 p.

Paul, B. H. 1963. The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood in: Tech Bull. USA. 128 p.

Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, U.S.A. 231 p.

Rangel G., M de los A. 1982. Características anatómicas de la madera de siete especies tropical. Boletín técnico. No 86. México. INIF. 55 p.

- Rodríguez V., E. 1998. Variación de largo de traqueidas dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl. en la Sierra las Alazanas, Mpio. de Arteaga Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 52 p.
- Roth, I. 1976. Anatomía de las plantas superiores. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la biblioteca. Caracas, Venezuela. 357 p.
- Ruiz O., M. 1979. Tratado elemental de botánica. 15ª edición, ECLALSA. México. 730 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sánchez R., I. 1998. Celulosa y papel. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 178 p.
- Scheaffer, R. L., W., Mendenhall y L., Ott. 1986. Elementos de muestreo. Iberoamericana. México. 321 p.
- Steel R., G. D. y J. H., Torrie. 1988. Principios y procedimientos de bioestadística. MacGraw Hill. México. 622 p.
- Snedecor, G. W. y W. G., Cochran. 1971. Metodos estadísticos. C.E.C.S.A. México. 703 p.
- Tamarit U., J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpas para papel de 132 especies de latifoliadas. Madera y Bosques 2 (2): 29 – 41.
- Tinajero N. 2004. Variación de dimensiones transversales de traqueidas de madera tardía en *Pinus teocote* Schl. et Cham. de Montemorelos, Nuevo León. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Mexico. 72 p.
- Trujillo G., M. C. 1999. Variación de la madera de *Pinus teocote* Schl. et Cham. en el Ejido la Trinidad, Montemorelos, N.L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 50 P.
- Vaca G., A. 1992. Variación en el peso específico de la madera y longitud de traqueidas dentro de *Pinus cembroides* Zucc. de la región de Santiago Papasquiaro Dgo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.

- Vargas H., J. J., B. Bermejo V. y F. T. Ledig. 1997. Manejo de recursos genéticos forestales. Colegio de postgraduados, Montecillos, México y la División de Ciencia Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Vignote S. y F. Jiménez. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 606 p.
- Walpole, R. E. y R. H. Myers. 1992. Probabilidad y estadística. MacGraw Hill. México. 797p.
- Yáñez M., O. y M. Caballero D. 1991. Variación de algunas características de *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mtz. de tres localidades de su distribución natural: densidad de la madera y longitud de la traqueidas de la madera. Revista Chapingo. No 75. 18-25
- Young, R. A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Noriega Limusa. México. 632 p.
- Zobel, B. J. y J. B. Jett. 1995. Genetics of wood production. Springerer, Verlag, Series in Wood Science. Alemania. 337 p.
- Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation, its causes and control. Springerer, Verlag. Alemania. 363 p.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

APÉNDICE

Apéndice 1

El cálculo del tamaño de muestra se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{E^2}$$

Datos de la secciones utilizados para el premuestreo.

No	Muestras	Medias	s ²	t ²
1	10R7B60	8.33 μ	2.649 μ	4.381
2	10R1B40	8.07 μ	0.905 μ	4.381
3	10R4B50	9.67 μ	2.679 μ	4.381
4	10R6B60	8.8 μ	2.253 μ	4.381
5	11R4B60	9.90 μ	0.727 μ	4.381
6	11R7B60	7.94 μ	0.206 μ	4.381
7	12R1B50	10.02 μ	1.982 μ	4.381
8	12R8B20	7.63 μ	1.175 μ	4.381

Considerando que $t_{\alpha/2} = 0.025$, con 19 gl para cada muestra = 2.093 y
 $E = 10 \%$, 8% , 5% se obtuvo un premuestreo para cada sección.

$$\begin{aligned} 10R7B60 &= (4.381 \cdot 2.649) / 0.695 = 17 \\ &(4.381 \cdot 2.649) / 0.445 = 26 \\ &(4.381 \cdot 2.649) / 0.174 = 67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10R1B40 &= (4.381 \cdot 0.905) / 0.651 = 6 \\ &(4.381 \cdot 0.905) / 0.416 = 9 \\ &(4.381 \cdot 0.905) / 0.162 = 24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10R4B50 &= (4.381 \cdot 2.679) / 0.945 = 12 \\ &(4.381 \cdot 2.679) / 0.598 = 20 \\ &(4.381 \cdot 2.679) / 0.234 = 50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10R6B60 &= (4.381 \cdot 2.253) / 0.774 = 13 \\ &(4.381 \cdot 2.253) / 0.495 = 20 \\ &(4.381 \cdot 2.253) / 0.193 = 51 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11R4B60 &(4.381 \cdot 0.727) / 0.981 = 3 \\ &(4.381 \cdot 0.727) / 0.627 = 5 \\ &(4.381 \cdot 0.727) / 0.245 = 13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11R7B80 &(4.381 \cdot 0.206) / 0.630 = 2 \\ &(4.381 \cdot 0.206) / 0.403 = 4 \\ &(4.381 \cdot 0.206) / 0.157 = 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12R1B50 &(4.381 \cdot 1.982) / 1.005 = 9 \\ &(4.381 \cdot 1.982) / 0.643 = 14 \\ &(4.381 \cdot 1.982) / 0.251 = 35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12R8B20 &(4.381 \cdot 1.175) / 0.582 = 9 \\ &(4.381 \cdot 1.175) / 0.372 = 14 \\ &(4.381 \cdot 1.175) / 0.146 = 35 \end{aligned}$$

Apéndice 2. Programa SAS para análisis de datos.

```
options ps=50;

data t;
infile'a:traq1.dat';
input narb rod $ lado $ cedad ntraq LT GP AL AT;

proc sort data=t;
  by narb rod lado cedad;
proc print data=t;
run;

*Para identificar observaciones extrañas;
proc sort data=traq1;
  by narb rod cedad lado;
proc means max min data=traq1 noprint;
  by narb rod cedad lado;
  var LT GP AL AT;
output out=mt max=maLT maGP maAL maAT min=miLT miGP miAL miAT;
proc print data=mt;
run;

proc plot data=traq1;
plot LT*(GP AL AT)=cedad;
plot GP*(AL AT);
plot AL*AT;run;

proc univariate plot normal data=traq1;
  var LT GP AL AT;
run;

data traq2;
set traq1;

if AL>2.7 then delete;
if GP>0.7 then delete;
if AT>3.5 then delete;

LTmm=LT*0.476;
GPm=GP*18.18;
ALm=AL*18.18;
ATm=AT*18.18;

if ATm<13 then delete;
```

```
if ATm>58 then delete;
```

```
if lado='A' then delete;
```

```
proc univariate plot normal data=traq2;  
  var LTmm GPm ALm ATm;  
run;
```

```
proc print data=traq2;  
run;
```

```
*Tendencia central y dispersion;  
proc sort data=traq2;  
  by narb hr cedad;  
proc means n mean mean min max range std cv stderr data=traq2;  
  var LTmm GPm ALm ATm;  
run;
```

```
*Análisis de varianza;  
proc glm data=traq2;  
  class narb hr cedad;  
  model LTmm GPm ALm ATm = narb hr(narb) cedad(narb hr);  
  test H=narb E=cedad(narb hr);  
run;
```

```
*Componentes de varianza;  
proc varcomp data=traq2 method=type1;  
  class narb hr cedad;  
  model LTmm GPm ALm ATm = narb hr(narb) cedad(narb hr);  
run;
```

```
*Correlaciones;  
proc sort data=traq2;  
  by narb rod cedad;  
proc means mean noprint data=traq2;  
  by narb rod cedad;  
  var LTmm GPm ALm ATm;  
  output out=medias mean = LTmm GPm ALm ATm;  
run;  
proc corr data=medias;  
  var LTmm GPm ALm ATm;  
run;
```

```
*Valores promedio para representación;
```

```
proc sort data=traq2;
  by hr cedad;
proc means mean noprint data=traq2;
  by hr cedad;
  var LTmm GPm ALm ATm;
  output out=medias mean = LTmm GPm ALm ATm;
proc print data=medias;
run;
```

```
proc sort data=medias;
  by hr;
proc means mean noprint data=medias;
  by hr;
  var LTmm GPm ALm ATm;
  output out=mediasr mean = LTmm GPm ALm ATm;
proc print data=mediasr;
run;
```

```
proc sort data=medias;
  by cedad;
proc means mean noprint data=medias;
  by cedad;
  var LTmm GPm ALm ATm;
  output out=mediasce mean = LTmm GPm ALm ATm;
proc print data=mediasce;
run;
```

RESUMEN

En el presente trabajo se estimó la magnitud y el nivel de variación de la longitud de traqueidas de madera tardía para *Pinus teocote* Schl. et Cham. de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

Se utilizaron tres árboles sanos, de clase de edad similar, que no estuvieran bifurcados, ni despuntados. De cada árbol se obtuvieron rodajas cada 2.54 m a partir de 0.3 m de altura. De cada rodaja se extrajo una faja de una pulgada de ancho, dos cm de grosor y con el largo igual que el diámetro de la rodajas. La faja de madera se seccionó a partir de la médula hacia la periferia del árbol, en ciclos de crecimiento de 10 años. Se obtuvo madera tardía de tres anillos de la parte media de cada sección, la cual se disoció por medio del método de Franklin. Se midió la longitud de las traqueidas en un estereoscopio adaptado con una reglilla micrométrica en el ocular. Se realizaron análisis de varianza y de componentes de varianza, considerando un diseño completamente al azar con efectos anidados. También se realizaron análisis de correlación entre longitud de traqueidas con dimensiones transversales de traqueidas y con densidad de la madera, cuyos valores se obtuvieron de otros estudios que emplearon el mismo material experimental.

El largo de traqueidas presentó un promedio de 4.046 mm y una amplia variación (CV = 27.73 %). No se presentaron diferencias estadísticas entre árboles y si entre altura de rodaja y entre clases de edad. La mayor contribución a la

varianza total fue debida a diferencias entre clases de edad (63.93 %) y en menor medida a diferencias entre altura de rodaja (6.63 %). Dentro del árbol se presentó una amplia variación; en el eje transversal el largo de traqueidas aumenta conforme lo hace la clase de edad, y en el eje longitudinal aumenta de la base hacia la parte media del fuste, de allí disminuye ligeramente hacia el ápice. Se encontró una fuerte correlación positiva entre la longitud con las dimensiones transversales de traqueidas ($0.41 \leq r \leq 0.61$) y no se encontró correlación significativa con densidad de la madera.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza y componente de la varianza para la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus teocote* de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L.

F.V	GL	CM	CVE	FC	P>0.001	CVE %	Esperanza de los cuadrados medios
A	2	9.488	0.00	0.56	0.5705	0.00	$\sigma^2_e + 19.958 \sigma^2_{ce} (a,r) + 114.5 \sigma^2_r (a) + 763.89 \sigma^2_a$
HR	20	25.126	0.085	66.27**	<0.001	6.63	$\sigma^2_e + 19.961 \sigma^2_{ce} (a,r) + 97.565 \sigma^2_r (a)$
C/E	92	16.805	0.823	44.33 **	<0.001	63.93	$\sigma^2_e + 19.955 \sigma^2_{ce} (a,r)$
E	2180	0.379	0.397			29.44	σ^2_e
Total	2295					100	

** Altamente significativo; P>0.001 = Probabilidad de cometer error tipo I (α).

F.V. = Fuentes de variación; G. L. = Grados de libertad; S C = Suma de cuadrados; C M = Cuadrados medios; C V E = Componentes de varianza estimados; C V E % = C V E en porcentaje; F C = F calculada; E = Error; σ^2_e = Variación del error ; A = Árbol; HR = Altura de rodajas; CE = clases de edad; σ^2_a = varianza entre árboles; σ^2_b = Varianza entre altura de rodajas; σ^2_c = Variación entre clases de edad.