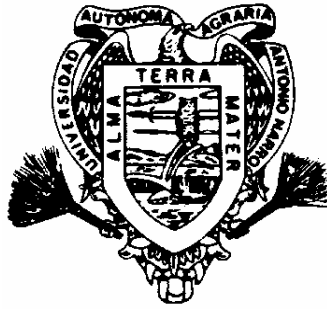


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Variación longitudinal de traqueidas de madera de *Pinus herrerae* Mart. de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Por

MADALY CRUZ ARTEAGA

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Variación longitudinal de traqueidas de madera de *Pinus herrerae* Mart. de
la región de Ciudad Hidalgo, Mich

Por

MADALY CRUZ ARTEAGA

TESIS:

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

Asesor principal



M. C. Salvador Valencia Manzo

Coordinador de la División de
Agronomía



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

División de Agronomía
Coordinación.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Variación longitudinal de traqueidas de madera de *Pinus herrerae* Mart. de
la región de Ciudad Hidalgo, Mich.**

**Por
MADALY CRUZ ARTEAGA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:



**M. C. Salvador Valencia Manzo
Asesor principal**



**Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo
Asesor**



**M.C. Gabriela Ramírez Fuentes
Asesor**

**DEPARTAMENTO FORESTAL
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

Diciembre 2008

El presente trabajo forma parte del trabajo de investigación del cuerpo Académico en Recursos Forestales de la UAAAN a través del proyecto de Investigación: "Variación en traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* de la región de Cd. Hidalgo, Mich., con clave 02.03.0207.2371 de la propia Universidad.

TEXTOS BIBLICOS

El hombre sabio es fuerte, y de
pujante vigor el que tiene ciencia.
Porque con ingenio harás la guerra, y
en los muchos consejeros esta la victoria.

Proverbios 24: 5-6

Yo, la sabiduría, habito en la cordura y
tengo la ciencia de los consejos.

Proverbios 8:12

El que ama la instrucción ama la sabiduría;
el que aborrece la reprensión es un ignorante.

Proverbios 12:1

DEDICATORIAS

A MIS TESOROS:

Samuel Flores Alvarez: Te Amo, bebe. Gracias por compartir parte de tu vida a mi lado, por estar presente cuando te necesito y darme el tesoro más preciado, nuestra hija.

Jelsy S. Flores Cruz: A ti princesa por ser mi luz, por llenarme de paz y alegría; y arrullarme con tus preciosas manos cuando me siento triste.

A MIS PADRES

Brinelda Arteaga Fuentes y Uriel Cruz Hernández: Agradezco por todo el apoyo moral y económico. A mi padre por sus valiosos consejos y por preocuparse de mi educación. A mi madre por su amor incondicional, ya que siempre esta en todos los momentos importantes de mi vida y de mis hermanos.

A MIS HERMANOS

Uziel: Aunque no pudimos compartir nuestros triunfos, como un día lo soñamos, siempre estarás presente en ellos. Espero que cuides de tu nena en donde quiera que estés a: E. Paulette Cruz Valdez, que espero un día conocer.

Magdiel y Mariela: Gracias por todo el apoyo brindado, por cuidar y querer a mi hija. Además por darme una bella sobrinita que quiero mucho a la princesita; Greicy Doremy Cruz Hernández.

Y a mis pequeños hermanitos que quiero mucho y siempre los extraño: **Didier, Israel** y **Lirian Susana**, gracias por quererme, sigan adelante y que Dios los cuide en donde quiera que anden.

A mi abuelita: Natalia Fuentes Santos.- Que siempre me apoya con sus consejos y sus buenos deseos, que nos enseña todo lo bueno y quiere lo mejor para mi madre y para sus nietos.

A MIS AMIGOS

Especialmente a Rocío Martínez Vega, por su amistad incondicional, por estar en las buenas y en las malas. A Josefina Altunar, Juanita Altunar, Pascuala Hernández; a todas ellas por compartir momentos importantes en mi vida y brindarme su amistad.

A MIS COMPAÑEROS DE LA GENERACION CIV

Edith López, Erick , Enano, Kike, Caperusa, Chente, Paulino, Berna, Adan, Tachi, Yogui, Chocorrolles, Chalino, Sinuhé, Froylan, Lucas, con los que compartí agradables momentos en el transcurso de mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme el soplo de vida y permitirme llegar a esta etapa, por guiar el camino que siguen mis pies y estar en todo momento corrigiendo mi vida y dándome sabiduría para hacer el bien.

A mi “Alma Mater” la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar uno de mis sueños mas preciados, además por brindarme todos sus servicios y permitirme llegar a la meta de esta carrera.

Al Departamento de Forestal, por brindarme todo el apoyo requerido durante mi formación académica, así como a los maestros que pusieron su granito de arena para crecer cada día más.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo, por ser uno de los mejores maestros que he tenido en el transcurso de mi formación, por asesorarme en este trabajo y compartir su valioso tiempo, además de su amistad y confianza.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo, por ser un excelente maestro y colaborar en la revisión de este trabajo. Además de permitirme trabajar con sus muestras.

A la M. C. Gabriela Ramírez Fuentes, por su asesoría, aportación y revisión de este trabajo.

A la T. A Angélica Martínez Ortiz, por su amistad, apoyo y confianza brindada, durante la realización de este trabajo.

Al Departamento de Botánica, por brindarme el servicio de laboratorio, apoyo y espacio de trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo e hipótesis	4
2 MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 Descripción del área de estudio	5
2.2 Trabajo en campo	9
2.3 Trabajo en laboratorio	9
2.3.1 Obtención de muestras de madera	9
2.3.2 Extracción de anillos de madera tardía	11
2.3.3 Disociación de madera tardía	11
2.3.4 Teñido y preservación de las fibras	12
2.3.5 Preparaciones permanentes y medición	12
2.3.6 Medición de las traqueidas	13
2.4 Tamaño de muestra	13
2.5 Análisis estadístico	14
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1 Medidas de tendencia central y dispersión	17
3.2 Análisis de varianza	22
3.3 Análisis de los componentes de varianza	23

3.4 Variación entre localidades	24
3.5 Variación entre árboles dentro de las localidades	26
3.6 Variación entre anillos	27
3.7 Correlación de la longitud de traqueida de madera tardía y otras	29
Variables	
	31
4 CONCLUSIONES	32
5 RECOMENDACIONES	33
6 LITERATURA CITADA	39
7 APÉNDICE	

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ubicación geográfica de las localidades donde fueron colectadas las muestras de madera de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en Zinapécuaro y Ciudad Hidalgo, Mich.	7
Cuadro 2. Características del clima que presentan los lugares con estaciones meteorológicas cercanas a las localidades en estudio.	8
Cuadro 3. Componentes de los cuadrados medios esperados para la longitud de traqueidas de madera tardía de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. de la región de Cd. Hidalgo, Mich.	16
Cuadro 4. Medidas de tendencia central y dispersión para el largo de traqueidas de madera tardía de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en Cd. Hidalgo, Michoacán.	17
Cuadro 5. Clasificación de la longitud de traqueidas para el género <i>Pinus</i> (mm), Vignote y Jiménez (1996).	19
Cuadro 6. Clasificación del largo de traqueidas de algunas coníferas de acuerdo a la clasificación de Vignote y Jiménez (1996).	20

Cuadro 7. Análisis de componentes de varianza longitud de traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de localidades de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región de ciudad Hidalgo, Michoacán.	23
Cuadro 8. Prueba de Tukey para separación de medias entre cuatro localidades para la longitud de traqueidas de madera tardía de <i>Pinus herrerae</i> Mtz en la región de Cd. Hidalgo, Michoacán.	25
Cuadro 9. Variación de la longitud de las traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de cada localidad de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región Ciudad Hidalgo, Mich.	26
Cuadro 10. Valores extremos a nivel promedio de árbol para longitud de las traqueidas de madera tardía de cuatro localidades de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región Ciudad Hidalgo, Mich.	27
Cuadro 11. Correlación entre longitud de traqueida y otras variables de la madera de <i>Pinus herrerae</i> de la región de Cd. Hidalgo, Mich.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de las cuatro localidades para el estudio de la variación longitudinal de traqueidas entre árboles de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. de la región de Ciudad Hidalgo, Michoacán (Tomado de: Hernández, 2007).	6
Figura 2. Representación esquemática de corte de rodaja, extracción y seccionado de la faja de madera.	10
Figura 3. . Tendencia del largo de traqueidas de madera tardía en su eje transversal en árboles de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región de Cd. Hidalgo, Mich.	28

RESUMEN

En los programas de mejoramiento genético forestal se incluye el estudio de la longitud de traqueida debido a que tiene sólidos patrones hereditarios y además influye en la calidad de la pulpa para papel. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la variación entre localidades, entre árboles y entre anillos, de la longitud de traqueidas de madera tardía en *Pinus herrerae* de la región de Cd. Hidalgo, Michoacán.

En este trabajo se analizaron 26 árboles de cuatro localidades: La Joya, Huajúmbaro, El Molcajete y San Antonio Villalongín, el cual varió de 4 a 10 árboles por cada localidad. De cada árbol se extrajo una rodaja de madera al final de la primer troza comercial. Para cada rodaja se extrajo una faja de madera de 6 cm de ancho que pasó por el centro de la médula y se identificó con una clave, después se seccionó en muestras de 10 anillos, del que se extrajo la madera tardía de los anillos cinco y diez. La madera se disoció con el método de Franklin, modificado por Rodríguez, para el desprendimiento de las traqueidas. Para cada anillo se midió el largo de 20 traqueidas. Se obtuvieron valores promedio de dispersión, se realizaron análisis de varianza y de componentes de varianza. Cuando hubo diferencias entre localidades se hicieron pruebas Tukey de separación de medias.

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias entre localidades, entre árboles y entre anillos. El valor promedio obtenido para la longitud de traqueida fue de 6.404 mm. Los componentes de varianza señalan que la mayor variabilidad se encuentra a nivel de anillos con un 59.3 %, seguido del efecto de árboles con 16.5 % mientras que la localidad no contribuye significativamente a la variación.

Palabras Clave: *Pinus herrerae*, variación, longitud de traqueidas, Ciudad Hidalgo, Michoacán.

1 INTRODUCCIÓN

La variación se define como las diferencias anatómicas o fisiológicas entre individuos de la misma especie, las cuales pueden ser ambientales o hereditarias (Padilla, 1982). Los árboles presentan diferencias y que se deben a tres factores principales, los cuales son: los diferentes ambientes en los cuales se desarrollan, las diferencias genéticas entre los árboles, y las interacciones existentes entre el genotipo de los árboles y los ambientes en los cuales éstos crecen. Los niveles de variación pueden agruparse en: orígenes geográficos (procedencias), entre sitios dentro de las procedencias, en rodales dentro de los sitios, diferencias en árboles dentro de rodales y diferencias dentro del árbol (Zobel y Talbert, 1988).

En algunos programas de mejoramiento genético forestal incluyen el peso específico de la madera y el largo de las traqueidas porque tienen sólidos patrones hereditarios, por lo que los cambios en estos patrones a través del mejoramiento genético pueden modificarse y tener un efecto importante sobre el producto final. La variación existente de un árbol a otro con respecto a la característica de la longitud promedio de las fibras o traqueidas, es parecida a la variación del peso específico. La longitud celular de las traqueidas tiene efectos de gran importancia sobre las propiedades del papel, la resistencia y utilidad de los productos sólidos de la madera (Zobel y Talbert, 1988).

La madera es un material orgánico muy complejo, pero aun así el hombre tiene interés en conocer más acerca de ella para aprovecharla mejor, se dice que es complicado su manejo debido a que existen demasiadas especies, pero para muchos estudios éstas se dividen en dos grandes grupos; las coníferas y las latifoliadas (Huerta, 1976).

Estudiar la anatomía de la madera en las coníferas es más sencillo que de las latifoliadas, debido a que ésta tiene células largas y huecas, en forma de tubo, con extremos cerrados más o menos puntiagudos, algunas tienen paredes

gruesas que se llaman traqueidas que forman la madera tardía y otras tienen paredes delgadas y se les denomina traqueidas que forman la madera temprana. Las traqueidas son las que forman o componen la madera en un 90 a 95% del total de las células (Huerta, 1976). Se originan de células aisladas, sus extremos pueden ser ramificados a causa del crecimiento intrusivo, tienen membranas secundarias lignificadas, sirven como elementos conductores de agua y como elementos de sostén, en su estado adulto están muertas (Roth, 1976).

Las especies del género *Pinus*, dentro de las coníferas, han sido las más utilizadas en la producción de pulpa para papel y aun cuando se han ampliado las fuentes de abastecimiento, utilizando especies de latifoliadas, no han sido suficientes para satisfacer la demanda del papel. Las maderas con fibras más largas, paredes más delgadas, diámetro del lumen más anchos y de baja densidad promedio producen pulpa de calidad, pero en sí la longitud de las traqueidas no determina del todo la calidad del papel (Tamarit, 1996).

Las traqueidas de madera juvenil son cortas, presentan menor longitud cerca del centro del árbol y aumenta considerablemente hacia la madera madura, donde se estabiliza hasta un determinado punto. Por ejemplo, en *P. taeda*, el largo de las traqueidas varía de 2 mm en la madera juvenil hasta 3.5 o 5.5 mm en la madera madura (Zobel y Talbert, 1988). La longitud de las traqueidas en dirección radial aumenta de la médula hacia el cambium vascular y en dirección longitudinal aumenta desde la base, hasta un punto cercano a la copa y después disminuye (Rodríguez, 1998; Goche *et al.*, 2000; Maldonado, 2004).

Michoacán se considera por su gran biodiversidad como un estado eminentemente forestal, ya que cuenta con una superficie forestal de más de 4 millones de hectáreas entre bosques, selvas y superficie con vegetación hidrófila y halófila. La extensión de bosques de coníferas y latifoliadas es de más de 1.5 millones de hectáreas, ocupa el tercer lugar nacional en producción de madera

(1,274,379 m³r), primer lugar en producción de resina y quinto lugar nacional en biodiversidad (SEMARNAP, 1999).

Pinus herrerae es una especie endémica de México, se distribuye en Sinaloa, Durango, Jalisco, Michoacán y Guerrero. La especie crece en altitudes que se extienden aproximadamente de 1200 a 2400 msnm. Generalmente se encuentra sobre cuevas húmedas, donde la precipitación anual es de 900-1200 mm. Los pinos asociados a esta especie son *P. montezumae* Lamb., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. douglasiana* Mtz., *P. maximinoi* H.E. Moore, *P. lawsoni* Roezl., *P. teocote* Schltdl. et Cham. y *P. michoacana* Mtz. var *cornuta*. Se ha identificado en el sudoeste de Michoacán y en El Salto, Durango (Martínez, 1948; Perry, 1991). En Michoacán se distribuye además en los municipios de Zinapécuaro y Ciudad Hidalgo (Mares, 2003).

La madera es de color amarillo claro, de buena calidad de textura media a fina, es aprovechada para la construcción y el uso doméstico; en la construcción se usa para aserrío, cajas de empaque, pulpa para papel, postes telegráficos, chapa, pisos de duela y parquet, tarimas, muebles rústicos, caballetes, restiradores, escritorios, estantería, cabos y mangos para herramientas, la especie también es productora de resina (Martínez, 1948; Perry, 1991; CONAFOR-CONABIO, 2007).

Se han hecho algunos estudios con esta especie en la región de Cd. Hidalgo, donde se reporta en altura un incremento corriente anual (ICA) de 0.28 m año¹ hasta 0.732 m año¹ y un incremento medio anual (IMA) con valores de 0.28 m año¹ hasta 0.61 m año¹ (Mares, 2003). Se describieron los crecimientos e incrementos en altura y en diámetro; el mejor modelo para describir el crecimiento en altura fue el Chapman-Richards y para el diámetro el mejor modelo fue el de Gompertz (Calvillo *et al.*, 2003). Además de que se estudió la densidad de la madera, donde se obtuvo un valor medio de 0.517 g cm⁻³ y se clasifica como madera pesada (Hernández, 2007).

Pese a estos estudios, es necesario conocer mejor las propiedades de la madera de la especie, para que con base en las características de su madera, hacer un mejor uso de la misma; para ello se realizó el presente estudio de la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* de la región de ciudad Hidalgo, Michoacán.

1.1 Objetivo e hipótesis

El objetivo general del presente trabajo fue estimar la variación entre localidades, entre árboles dentro de localidades y entre anillos dentro del árbol, de la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* de la región de Cd. Hidalgo, Michoacán.

De esta manera se propusieron las siguientes hipótesis nulas:

Ho: No existen diferencias en el largo de traqueidas de madera tardía entre cuatro localidades de la distribución natural de *Pinus herrerae* de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Ho: No existen diferencias en el largo de traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de cuatro localidades de la distribución natural de *Pinus herrerae* de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Ho: No existen diferencias en el largo de traqueidas de madera tardía entre anillos dentro de los árboles de *Pinus herrerae* de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio

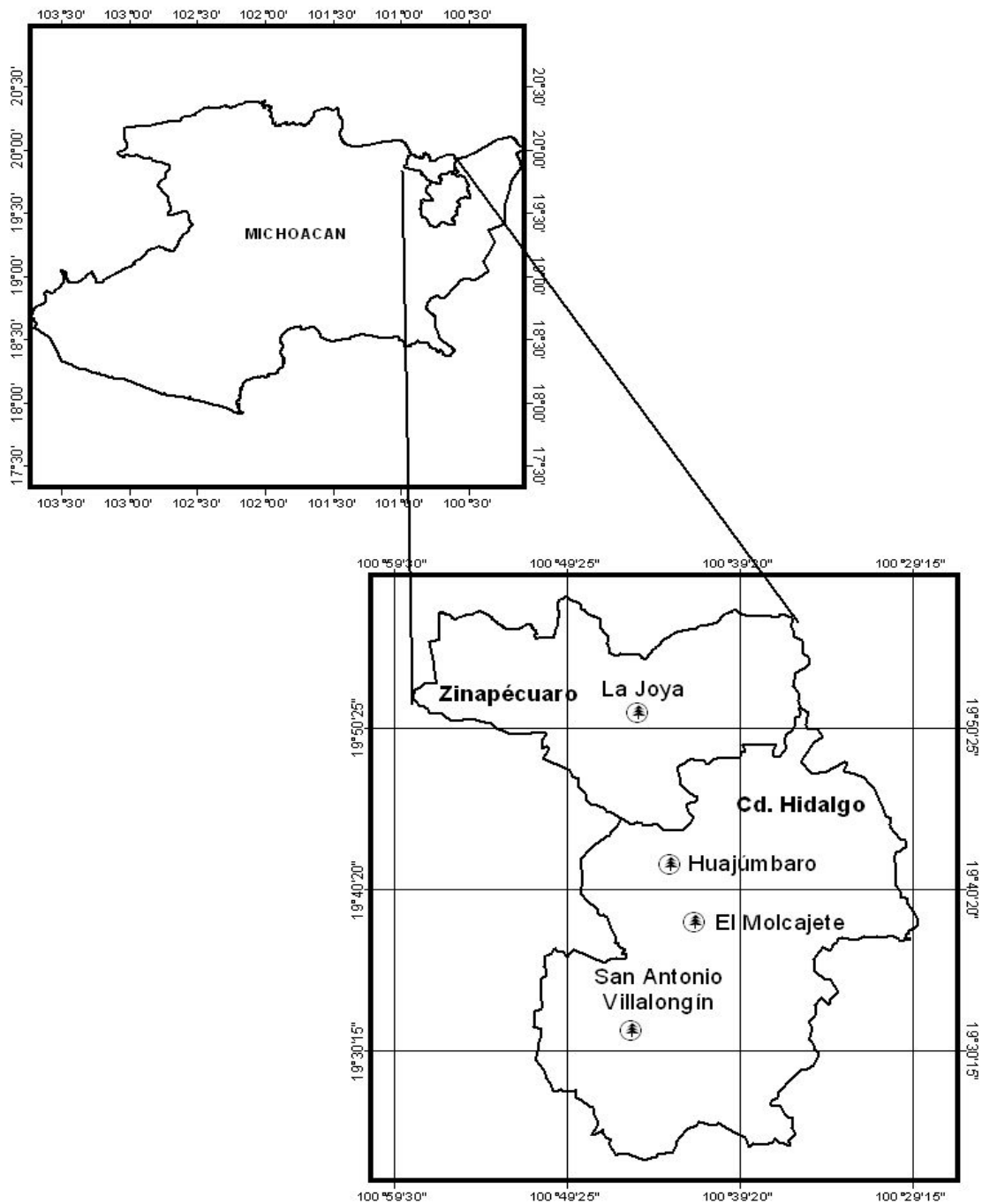
El área en estudio comprende cuatro localidades: La Joya, Huajúbaro, El Molcajete y San Antonio Villalongín (Figura 1), donde la especie en estudio se distribuye de manera natural. Las localidades se encuentran en la subprovincia fisiográfica denominada Mil Cumbres en la región Ciudad Hidalgo, Mich. (Ucodefo-2, 1994), la cual, forma parte del Eje Neovolcánico Transversal o provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

La Joya se ubica en el municipio de Zinapécuaro y las otras tres localidades en el municipio de Ciudad Hidalgo. La ubicación geográfica de estas localidades está entre las coordenadas $19^{\circ} 30' 46''$ a $19^{\circ} 50' 27''$ de latitud Norte y $100^{\circ} 42' 14''$ a $100^{\circ} 46' 2''$ de longitud Oeste (INEGI, 1997, 1998, 2000) (Figura 1) (Cuadro 1).

El área de estudio presenta altitudes que van desde los 2100 a 3000 msnm, con pendientes que van del 10 al 40 %. En estas áreas predominan las exposiciones noreste, noroeste, sur, sureste y suroeste. Además ocurre un relieve contrastante en el que se distinguen mesetas, lomeríos y sierras (INEGI, 1997; 1998; 2000).

La geología está representada principalmente por rocas ígneas extrusivas de la era cenozoica, del período Terciario Superior; prevaleciendo el tipo de rocas como reolita de color verde, formando cuerpos compactos medianamente alterados. También se encuentran andesitas de color rosa compactadas, las cuales subyacen a otra andesita de fracturamiento intenso y de color gris (DETENAL, 1978; 1979a).

Los suelos predominantes en la región son de tipo andosol, con textura media. El drenaje de estos suelos es clasificado como bueno y de profundidad media (DETENAL, 1979b; 1979c).




 Localidades en estudio

Figura 1. Ubicación geográfica de las cuatro localidades para el estudio de la variación longitudinal de traqueidas entre árboles de *Pinus herrerae* Mtz. de la región de Ciudad Hidalgo, Michoacán (Tomado de: Hernández, 2007).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las localidades donde fueron colectadas las muestras de madera de *Pinus herrerae* Mtz. en Zinapécuaro y Ciudad Hidalgo, Mich.

Localidad	Municipio	n	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
La Joya	Zinapécuaro	4	19°50' 25"	100° 45' 08"	2380
			19° 52' 27"	100° 45' 20"	2300
Huajúmbaro	Cd. Hidalgo	5	19° 42' 12"	100° 43' 13"	2380
			19° 41' 42"	100° 43' 30"	2400
El Molcajete	Cd. Hidalgo	7	19° 38' 22"	100° 43' 13"	2540
			19° 38' 14"	100° 42' 48"	2550
San Antonio Villalongín	Cd. Hidalgo	10	19° 30' 35"	100° 46' 20"	2100
			19° 32' 30"	100° 45' 56"	2160

Fuente: (INEGI, 2000).

n = Número de árboles colectados por cada localidad.

El área de estudio se ubica en dos regiones hidrológicas (RH), la RH18 que corresponde a la Cuenca del Río Balsas y la región RH12 Sistema Fluvial Lerma Santiago. La mayor parte del área de estudio esta ubicada en la RH18 Cuenca del Río Balsas, dentro de la cuenca hidrológica G Río Cutzamala (Ucodefo-2, 1994; SEMARNAP-UACH, 1999).

En la región ocurre un clima húmedo; templado con verano fresco y largo; subhúmedo con régimen de lluvia en verano; con menos de 5 % de lluvia invernal, con temperatura media anual que varía de 25 a 30 °C, con el mes más caliente del año antes de junio y con una precipitación media anual de 1250 mm (García, 1986) (Cuadro 2).

Las localidades cercanas al área de estudio cuentan con estaciones meteorológicas, a partir de las cuales se obtuvieron la temperatura, la precipitación pluvial media anual, el período libre de heladas y la fórmula climática (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características del clima que presentan los lugares con estaciones meteorológicas cercanas a las localidades en estudio.

Localidad (nombre)	Temperatura (°C)			Pp. m. a. (mm)	Período libre de heladas (días)	Fórmula climática
	Media	Máxima	Mínima			
Agostitlán	14.1	24.8	3.9	1,263.3	180	C b(w2) wi
Geráhuaro	12.2	31.0	3.2	1,171.0	120	C b(w1) wl
Huajúmbaro	17.2	29.9	4.5	1,383.8	180	C b(w1) w i g
Pucuat	14.2	25.3	3.2	1,294.4	120	C b(w2) w i

Período libre de heladas con temperaturas por arriba de 4.5 °C (García, 1986).
Pp. m. a. = Precipitación pluvial media anual.

La vegetación arbórea que se encuentra en el área de estudio es un bosque de clima templado constituido por: *Pinus herrerae*, *P. pseudostrobus* Lindl., *P. montezumae* Lamb., *P. michoacana* Mtz., *P. leihophylla* Schl. & Cham., *Abies religiosa* Schl. y *Quercus catanea* Neé, *Q. crassifolia* Hum. et Bonpl., *Q. obtusata*, *Q. microphylla* Neé, *Q. laurina* Humb & Bonpl., *Agnus firmifolia* Fern., *A. arguta* Spach., *Crateagus mexicana* Moc. & Sessé, y *Arbutus xalapensis* H. B. K. (Martínez et al., 1987).

La vegetación arbustiva comprende especies como: *Baccharis conferta* H. B. K., *Dodonaea viscosa* (L) Jacp., *Urtica dioica* Willd, *Arctostaphylos longifolia*, *Rubus pringlei*, *Solanum nigrum* L., *Eupatorium glabratum* H. B. K. y *Buddleia sessiliflora* H. B. K. El estrato herbáceo se compone de elementos como: *Alchemilla procumbens* Rose, *Arenaria lanuginosa* Rohrb., *Eryngium palmeri*, *Generanium seemanni* Peyr., *Muhlenbergia robusta* (Fourn.) Hitchc., *Oxalis alpina* Rose, *Panicum bulbosum* H. B. K y *Stipa virens* H. B. K. (Martínez et al., 1987).

2.2 Trabajo en campo

Con ayuda de la carta topográfica de escala 1:50,000 se ubicaron las cuatro localidades de la región de Cd. Hidalgo, Michoacán donde *Pinus herrerae* se

distribuye de manera natural. El número de árboles seleccionados fueron variados y de diferentes categorías diamétricas, en cada localidad se seleccionaron árboles resinados y no resinados, de buena conformación, libre de plagas, de enfermedades y de daños naturales. El número total de árboles colectados en las cuatro localidades es de 26 el cual varió de cuatro a 10 árboles (Cuadro 1) (Mares, 2003).

Para llevar a cabo la colecta de muestras, se hicieron dos recorridos en campo, el primero fue con el objetivo de reconocer el área de estudio, así como a los sitios donde se distribuye de manera natural *P. herrerae*. El segundo recorrido para seleccionar a los árboles dominantes y/o codominantes resinados y no resinados, donde a su vez, se extrajo una rodaja en cada árbol, considerando un rango de altura de corte que va desde 2.70 hasta los 5.25 metros de altura para la colección de las rodajas. Posteriormente, las rodajas fueron trasladadas al laboratorio del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su acondicionamiento (Mares, 2003).

2.3 Trabajo de laboratorio

2.3.1 Obtención de muestras de madera

De las rodajas colectadas se extrajo una faja de madera de 6 cm de ancho que pasara por el centro de la médula, se identificó con una clave, que se denomina sección A y B (la médula es la parte que divide las secciones de la muestra), la clave de la localidad, el número de árbol y la altura de corte. Cada sección de la muestra se separó en pequeñas muestras de 10 anillos de crecimiento, empezando de la médula hacia afuera (de la madera juvenil a la madera madura) (Figura 2).



Rodaja de madera



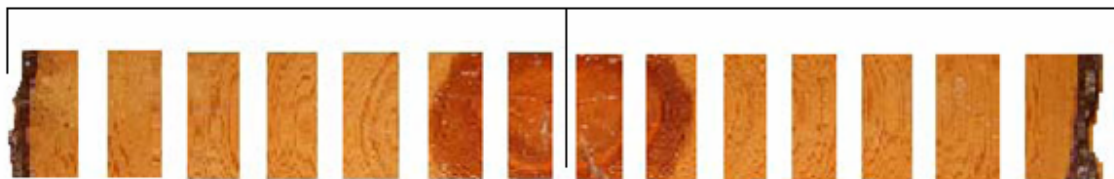
Rodaja de madera seccionada



Faja de madera

Sección A

Sección B



Faja de madera seccionada cada 10 años

Figura 2. Representación esquemática de corte de rodaja, extracción y seccionado de la faja de madera.

2.3.2 Extracción de anillos de madera tardía

De las fajas de madera se extrajo de cada sección de 10 años, dos anillos de madera tardía (parte oscura), para esto se realizó un corte longitudinal, con la ayuda de un formón de 1.5 pulgadas y un martillo, así mismo se identificaron dichos anillos con la clave de la localidad, el número de árbol y el número de anillo correspondiente. En este caso los anillos se obtuvieron en múltiplos de cinco (por ejemplo: 5, 10,15, 20.....120) cuando no existía tal anillo se usó el anterior o el siguiente con previa identificación del número de anillo que se trate. Una vez que se obtienen los anillos a muestrear, se cortan cuidadosamente con un bisturí y se elimina la madera temprana o madera de primavera (parte clara) este procedimiento se realiza bajo la observación de una lupa, o en su caso con la de un microscopio estereoscópico, hasta dejar solamente la parte de madera tardía. De cada muestra de madera tardía (anillo), se hicieron cortes de aproximadamente de un centímetro cuadrado, en otros casos fue mayor. Enseguida, se colocaron dos cortes de madera tardía en frascos de vidrio de 10 ml debidamente etiquetados con la clave de identificación de donde se obtuvo la muestra.

2.3.3 Disociación de madera tardía

En la disociación de madera se utilizó el método de Franklin, modificado por Rodríguez (1998). Este método consiste en mezclar ácido glacial acético y peróxido de hidrógeno al 30 %, en partes iguales, es decir, 50% de cada reactivo. La cantidad de solución a preparar, depende de la cantidad de muestras o frascos que contenga material para la disociación. Con ayuda de una pipeta y una bureta a cada frasco se le agregó 4 ml de la solución, se taparon con papel aluminio, haciéndole un agujero con un asa, para su respiración y se incubaron en la estufa bacteriológica a una temperatura de 70 °C, por un periodo de 24 horas. Una vez pasado este tiempo se sacaron las muestras de la estufa y se lavaron tres veces con agua corriente para eliminar el exceso de la solución teniendo cuidado de no

perder las traqueidas. La madera se observó de un color plateado, lo que indica que la lámina media se ha desintegrado. En el caso de la madera que contiene mucha resina se observa de color amarillo. Posteriormente, se agita fuertemente el frasco, para disociar la madera y se desprendan las traqueidas.

2.3.4 Teñido y preservación de las fibras

Una vez disociada la madera, se preparó una solución de safranina, la cual contiene alcohol al 96% y agua destilada. Para cada 100 ml de agua, se le agregó 10 ml de alcohol y 0.25 gramos de safranina. La cantidad de solución a preparar depende de la cantidad de muestras a teñir, tomando en cuenta que a cada frasco se le agrega 4 ml de la solución de safranina. Para una mejor tinción del material se dejó reposar las muestras con el colorante, durante 24 horas.

Al término de las 24 horas de la tinción, se procedió a lavar el material con agua destilada, al menos tres veces, para eliminar el exceso de la safranina, esto se hizo con la ayuda de una malla, evitando la pérdida de las traqueidas. Una vez que se lavó el material, se le agregó 5 ml de agua destilada y tres gotas de formaldehído para su preservación.

2.3.5 Preparaciones permanentes y medición

Para realizar las mediciones de las traqueidas, fue necesario hacer preparaciones permanentes, para lo cual se utilizó un microscopio estereoscópico, en donde se colocó un portaobjetos y se le agregó una pequeña muestra del material disociado, se extendió y se alinearon las traqueidas con un asa microbiológica, para que no se traslaparan, diferenciando y facilitando su medición (en este caso se alinearon de 20 a 30 traqueidas). La alineación se hizo lo más rápido posible, para evitar que las traqueidas se deshidrataran. Una vez alineada las traqueidas se le agregó una gota de bálsamo de Canadá, disuelto en xilol y se le puso un cubreobjetos para fijar la preparación, así mismo se etiquetó la

preparación con los datos de donde se obtuvo la muestra. Para que las preparaciones se secan más rápido, se colocaron en moldes de aluminio y se incubaron en la estufa a una temperatura de 45 °C, durante 24 horas. Transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa y se colocaron en estuches para guardarlo y hacer un mejor manejo.

2.3.6 Medición de las traqueidas

En este trabajo se midió la longitud de las traqueidas (L.T.) con un microscopio, el cual tiene un objetivo de 1x y se le adaptó un ocular micrométrico de 10x que cuenta con una reglilla que está dividida en diez partes iguales en unidades absolutas. Una vez medida la traqueidas con estas unidades se hizo la conversión a milímetros, usando un portaobjetos que tiene una escala de 2 milímetros y se hizo la calibración para sacar un factor de conversión a milímetros. Para sacar el factor de conversión se colocó el portaobjetos graduado con la escala de 2 mm debajo del microscopio y se hizo coincidir con las unidades absolutas del ocular micrométrico de 10x, en este caso 2 mm coincidió con 1.1 unidades. Para convertir a milímetros se hizo una regla de tres simple.

2.4 Tamaño de muestra

Para determinar el número de traqueidas a medir por cada muestra o anillo, se llevó a cabo un muestreo, en el que se utilizó la fórmula de tamaño de muestra (Cochran, 1980), que es la siguiente:

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

Donde:

n = tamaño de muestra

t = valor de t, a partir del valor dado de alfa (α)

s^2 = varianza muestral

E = error (expresado en unidades de medición)

Para obtener los valores de t , la varianza muestral y el error dispuesto a tolerar, se realizó un premuestreo de 10 anillos de diferentes árboles, esto se hace al azar, en las cuales se miden 20 traqueidas de cada unidad de muestreo. El valor de t de Student se obtiene de las tablas estadísticas, tomando en cuenta un valor de alfa de $0.05 / 2$ que es igual a 0.025.

Para este trabajo se contempló un error de muestreo de 5 a 10 % de la media, en este rango se encontró el número de traqueidas a medir y no sobrepasaron las del premuestreo, así que se utilizó para sacar el tamaño de muestra y se tuvo cuidado que no sobrepasara. Debido a que si se permite un porcentaje de error menor o igual a 5% implicarían mayores costos por el incremento del número de muestras a emplear y se tardaría más tiempo en obtener resultados. Con estos datos se obtuvo el tamaño de muestra. Al calcular el tamaño de muestra al 5% de error permitido con respecto a la media se incrementó el número de traqueidas a medir por lo que se calculó el tamaño de muestra con un error de 10% respecto de la media, este fue el más aceptable y se midieron 20 traqueidas por cada unidad de muestreo. Tomando como referencia otros trabajos similares donde han medido por cada unidad de muestreo el mismo número de traqueidas, ya sea igual o menor de 20 (Feria y Eguiluz, 1989; Vaca, 1992; Rodríguez, 1998; Ibarra, 1999; Tinajero, 2004).

2.5 Análisis estadístico

Una vez que se midió el largo de traqueidas (L.T.) se capturaron los datos en Excel y previamente revisados se procesaron mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) mediante este sistema se revisaron los datos, se hizo la conversión a mm, además de que se corrigieron y eliminaron algunos datos que no son representativos. Se elaboró un programa para obtener valores promedio y de dispersión de la variable en estudio, se realizó un análisis de varianza, y otro de componentes de varianza, así como prueba Tukey de

diferencia de medias, se obtuvo el índice de esbeltez o coeficiente de Peterí de las traqueidas y la correlación de Pearson con otras variables; densidad de la madera y dimensiones transversales de traqueidas. Los datos de densidad de la madera corresponden al trabajo de Hernández (2007) y los de dimensiones transversales corresponden a Rodríguez (2008).

El índice de esbeltez se calculó con la siguiente fórmula:

$$IE = L / D \quad (\text{Villaseñor y Rutiaga, 2000})$$

Donde:

IE = índice de esbeltez o coeficiente de Peterí

L = longitud de la fibra

D = diámetro de la fibra

Para el análisis de varianza del largo de traqueidas se utilizó el siguiente modelo lineal estadístico (Infante y Zarate, 1990):

$$Y_{ijkl} = \mu + Li + Aj(Li) + ANkj(Li) + Eijkl$$

i = 1, 2, 3, 4 (Localidades)

j = 1, 2, 3, 4... 10 (Número máximo de árboles por localidad)

k = 1, 2, 3, 4... 24 (Número máximo de anillos por árbol)

l = 1, 2, 3, 4... 20 (Número máximo de traqueidas por anillo)

Donde:

μ = efecto de la media general

Li = efecto de la i-ésima localidad

Aj(Li) = efecto del j-ésimo árbol dentro de la i-ésima localidad

ANk(Aj Li) = efecto del k-ésimo anillo en el j-ésimo del árbol dentro de la i-ésima localidad

Eijkl = efecto de la l-ésima traqueida en el k-ésimo anillo en el j-ésimo árbol, de la i-ésima localidad

Se realizó un análisis de componentes de varianza, usando el mismo modelo estadístico para obtener los cuadrados medios esperados, del efecto de cada localidad, el efecto de árboles dentro de cada localidad, el efecto de los anillos dentro de todos los árboles de todas las localidades (Cuadro 3).

Cuadro 3. Componentes de los cuadrados medios esperados para la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* Mtz. de la región de Cd. Hidalgo, Mich.

F. V.	gl	CM	Componentes de los CME
Loc	L - 1	CML	$\sigma^2 e + k_4 \sigma^2 c + k_5 \sigma^2 b + k_6 \sigma^2 a$
Arb (Loc)	$\sum a_i - 1$	CMA	$\sigma^2 e + k_2 \sigma^2 c + k_3 \sigma^2 b$
An (Arb Loc)	$\sum \sum a_{nji} - 1$	CMAN	$\sigma^2 e + k_1 \sigma^2 c$
Error	$(\sum \sum \sum \text{Loc an m}) - 1$	CME	$\sigma^2 e$

F.V. = Fuente de variación; g.l. = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; CML = Cuadrados medios de la localidad; CMA = Cuadrados medios del árbol; CMAN = Cuadrados medios de los anillos dentro de árbol; Loc = Localidad; Arb (Loc) = Árboles dentro de localidades; An (Arb Loc) = Anillos de los árboles dentro de localidades; a = árboles; an = anillos; m = Número de muestras dentro de árboles dentro de las localidades; CME = Cuadrados medios del error; $\sigma^2 e$ = Varianza del error; $\sigma^2 c$ = Varianza de anillos de los árboles dentro de las localidades; $\sigma^2 a$ = Varianza de las localidades; $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ = Constantes de media armónica para número de árboles dentro de localidades, de anillos dentro de árboles, y de muestras dentro de anillos.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Medidas de tendencia central y dispersión

Los resultados de la evaluación de longitud de traqueidas en *Pinus herrerae* muestra que en esta región el valor medio del largo de traqueidas es de 6.4 mm, con un valor mínimo de 2.72 mm y un valor máximo de 10.36 mm, con una desviación estándar de 1.27 mm, así mismo presenta un coeficiente de variación de 19.94%; tomando en cuenta que estos datos se obtuvieron a partir de la medición de 7,693 traqueidas de cuatro localidades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medidas de tendencia central y dispersión para el largo de traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* Mtz. de Cd. Hidalgo, Michoacán.

Variable	n	Valor			Desviación Estándar (mm)	Error estándar (mm)	C.V. (%)
		Media (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)			
L.T.	7693	6.404	2.727	10.362	1.277	0.014	19.94

L.T. = Largo de traqueidas; n = Número de observaciones; C. V. (%) = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con una distribución normal el 65% de las traqueidas tiene valores entre 5.127 y 7.681 mm, los cuales se calcularon al sumar y restar una desviación estándar a la media muestral (6.404 ± 1.277 mm). Mientras que el valor de la media poblacional se encuentra entre 6.340 y 6.468 mm con un 99% de confiabilidad, de acuerdo a la fórmula de intervalo de confianza para la media de una distribución normal (Infante y Zárate, 1990).

El error estándar es un estadístico que permite hacer una mejor comparación en cuanto a la variación, porque incluye a la desviación estándar y el número de muestras utilizadas en determinados trabajos. El error estándar en el

presente trabajo para la longitud de traqueidas de *Pinus herrerae* fue de 0.014 mm, inferior al reportado en *Pinus cembroides* Zucc. con un error estándar de 0.032 con las fuentes de variación árboles, altura de rodaja dentro de árboles, secciones dentro de rodajas en la región de Santiago Papasquiaro, Durango (Vaca, 1992); inferior a los valores de error estándar para tres sitios en la especie de *Pinus herrerae*, sitio I: 0.026, sitio II: 0.019, sitio III: 0.022 en la región del Salto, Durango (Calixto, 1996); también inferior al reportado para *Pinus teocote* (0.023 mm) considerando como fuentes de variación árboles, alturas de fuste y clases de edad en la sierra La Cebolla, Montemorelos, Nuevo León (Maldonado, 2004). Es decir las traqueidas en la región de Ciudad, Hidalgo, Michoacán presentan menor variabilidad, que otros estudios, probablemente como consecuencia de un ambiente más uniforme o de menor variación genética, para lo cual se requiere realizar estudios de procedencia y progenies.

Para *Pinus herrerae* se reporta valores medios de longitud de traqueidas para tres sitios en la región del Salto, Durango; media sitio I: 3.957mm, media del sitio II: 4.426 mm, media del sitio III: 4.418 mm (Calixto, 1996), al compararse con el promedio obtenido en este estudio (6.404 mm), las traqueidas de Cd. Hidalgo Michoacán son más largas para la misma especie. Pero se debe considerar que es de una región distinta, así mismo siendo la latitud la que probablemente influya en el largo de las traqueidas Zobel y Talbert (1988) mencionan que la longitud de las traqueidas en *Pinus taeda* son más cortas, cuando los árboles crecen en latitudes más altas como podría ser el mismo patrón en este caso.

El valor promedio general que se obtuvo en el presente trabajo es de 6.404 mm, de acuerdo a la clasificación utilizada por Vignote y Jiménez (1996) (Cuadro 5), estas son traqueidas de longitud grande. Del valor obtenido la madera de *Pinus herrerae* se puede señalar que es idónea para la producción de madera sólida de buena calidad destinada a distintos usos como: aserrío, chapa para triplay y postes telegráficos por tener un fuste recto y poda natural; así como la elaboración de pulpa kraft para la fabricación de papel (Calixto, 1996), para construcción, cajas

de empaque, pisos de duela y parquet, tarimas, muebles rústicos, caballetes, restiradores, escritorios, estantería, cabos y mangos para herramientas (Hernández, 2007).

Cuadro 5. Clasificación de la longitud de traqueidas para el género *Pinus* (mm) (Vignote y Jiménez, 1996).

Longitud de traqueidas (mm)	Clasificación
Menor o igual a 2 mm	Longitud pequeña
Entre 2 y 3 mm	Longitud media
Superior a 3 mm	Longitud grande

Aun habiendo obtenido un valor promedio del largo de traqueidas muy grande, en comparación con otros estudios similares (Cuadro 6) se puede observar que las traqueidas de *Pinus herrerae* quedan clasificadas como de longitud grande. De los diversos estudios con esta especie, en un estudio microscópico de madera de *Pinus herrerae* se obtuvo un valor promedio del largo de traqueidas de 5.47 mm (Olvera, 1981), que son de los que presentan valores mas grandes, pero inferior al presente.

Entre las especies que se reportan con mayor longitud de traqueida se tiene en *Pinus oocarpa* con un valor promedio de 5.07 mm, en *Pinus pseudostrobus* con un valor de 5.00 mm, *Pinus montezumae* con 5.04 mm, para las procedencias de Michoacán y en *Pinus patula* un valor promedio de 5.25 mm para la procedencia de Puebla (Zobel y Talbert, 1988).

Cuadro 6. Clasificación del largo de traqueidas de algunas coníferas de acuerdo a la clasificación de (Vignote y Jiménez, 1996).

Especie	Valor medio (mm)	Longitud pequeña	Longitud media	Longitud grande
<i>Pinus herrerae</i> ¹	6.404			x
<i>Pinus patula</i> ²	4.298			x
<i>Pinus teocote</i> ³	4.046			x
<i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> ⁴	4.411			x
<i>Pinus rudis</i> ⁵	3.360			x
<i>Pinus cembroides</i> ⁶	2.190		x	
<i>Pinus strobus var. Chiapensis</i> ⁷	2.816		x	
<i>Pinus maximinoi</i> ⁸	4.060			x
<i>Pinus oocarpa</i> ⁸	3.730			x
<i>Pinus michoacana var. cornuta</i> ⁸	3.660			x
<i>Abies religiosa</i> ⁹	3.755			x
<i>Pinus hartwegii</i> ⁹	2.441		x	

¹Presente trabajo, ²Meza *et al.* (2005), ³Maldonado (2004), ⁴Borja *et al.* (2000) ⁵Rodríguez (1998), ⁶Vaca (1992) ⁷Yáñez y Caballero (1982), ⁸Feria y Eguiluz (1989), ⁹Larios (1979).

Es necesario mencionar que el cuadro de clasificación de las traqueidas es más propio para especies de latifoliadas, pero es poco útil para las coníferas de allí que el género *Pinus* suele presentar traqueidas más largas, que al clasificarlas quedan todas en el mismo rango, a partir de 3 mm ya se clasifican como de longitud grande con la clasificación hecha por Vignote y Jiménez (1996). En cambio las latifoliadas presentan fibras más cortas, por ejemplo, Giménez y López

(2002) estudiaron los elementos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et. Meyer *Anacardiaceae* y obtuvieron una media 0.9049 mm en el largo de las fibras; Giménez et al. (2007), en *Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex. Griseb *Zygophyllaceae* la media fue de 0.7742 mm; Tamarit (1996), obtuvo algunos datos en referencia a un trabajo donde presenta la longitud media de fibra de algunas especies latifoliadas y éstas son: *Persea americana* con 1.52 mm, *Cedrella odorata* con 1.37 mm, *Enterolobium cyclocarpum* con 1.06 mm y *Populus mexicana* con 1.44 mm.

Los índices de calidad de pulpa son de gran utilidad, ya que de esta manera se determina la calidad del producto y además proporcionan distintas relaciones entre las dimensiones de las fibras, las que influyen de manera directa, indirecta o bien complementaria ante las características generales de la pulpa, tales como: densidad, volumen, resistencia al paso del agua y del aire, resistencia a la tensión, a la explosión, al rasgado y a las propiedades que determinan la impresión (Tamarit, 1996).

En cuanto a los índices de calidad de pulpa para este trabajo sólo se obtuvo el índice de esbeltez o coeficiente de Peterí y se reporta un valor promedio de 148.607. Torres y Eguluz (1989) reportan valores de coeficiente de Peterí en *Pinus patula* var. *longipedunculata* de 70.56, *Pinus rudis* de 81.99, en *Pinus oaxacana* de 72.28 y *Pinus teocote* de 86.31; de acuerdo a estos valores deducen que *Pinus teocote* originará un papel con alta resistencia al rasgado, pero con un menor grado de resistencia al explosión, tensión y doblez, por presentar un valor alto, entonces *Pinus herrerae* podría presentar la misma tendencia. Para producir pulpa de buena calidad se debe de tomar en cuenta las maderas que presentan valores altos en el coeficiente de flexibilidad y valores bajos en el índice de rigidez, en el coeficiente de Peterí o índice de esbeltez y en la relación de Runkel (Tamarit, 1996). Aun obteniendo un valor alto en el índice de esbeltez la madera se clasifica como de buena calidad para pulpa de papel, con un grado de calidad III (Rodríguez, 2008).

3.2 Análisis de varianza

El análisis de varianza muestra que hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0.0001$) entre localidades, entre árboles dentro de las localidades y entre anillos de los árboles dentro de las localidades, para la variable en estudio: longitud de traqueida (Apéndice 1).

Para la especie de *Pinus strobus* var. *chiapensis*, se encontró diferencias entre árboles dentro de sitios, pero no así entre localidades, ni entre sitios dentro de localidades para la longitud de traqueida (Yáñez y Caballero, 1982). En un trabajo realizado para tres especies diferentes de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* var. *cornuta* demuestran que para la longitud de traqueidas existe variación entre especies y entre árboles dentro de especies, en la Sierra, Chatina, Oaxaca (Feria y Eguiluz, 1989). Para la especie *Pinus herrerae*, en El Salto, Durango se reporta que existen diferencias altamente significativas para la longitud de traqueida entre árboles dentro de sitios, pero no entre sitios (Calixto, 1996). Rodríguez (1998) encontró diferencias entre árboles, entre alturas de rodajas dentro de árboles y secciones dentro de alturas en *Pinus rudis*; en cambio Maldonado (2004) no encontró diferencias para la fuente de variación árbol, pero si para las fuentes de variación altura de rodajas y clases de edad en *Pinus teocote*. Para las fuentes de variación localidades y árboles para la especie de *Pinus herrerae*, se han encontrado diferencias significativas, en densidad de la madera (Hernández, 2007) y en dimensiones transversales con las mismas fuentes de variación (Rodríguez, 2008) en estas mismas localidades en estudio.

Con lo anterior, se puede notar que la fuente de variación árbol, es la más representativa en la variabilidad encontrada dentro de una especie y es lo que el genetista forestal busca para utilizarlo en un programa de selección y cruzamiento genético, ya que un árbol en sí presenta un alto porcentaje de variabilidad en la mayoría de sus características de valor económico (Zobel y Talbert, 1988). De esta manera se deduce que probablemente la variación encontrada en las fuentes

de variación estudiadas se debe, principalmente a factores genéticos y con menor efecto del ambiente.

3.3 Análisis de los componentes de varianza

Al analizar los componentes de varianza para la variable largo de traqueidas, la mayor variabilidad se encuentra a nivel de anillos de los árboles con un 59.3 %, seguido del efecto de árboles dentro de localidades con 16.5 % mientras que la localidad no contribuye a la variación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de componentes de varianza longitud de traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de localidades de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Michoacán.

F.V.	G.L.	CM	CVE	CV %
Loc	3	97.908	-0.004	0.00
Na (loc)	22	100.523	0.272	16.51
An(loc*na)	351	20.330	0.978	59.34
Error	7316	0.397	0.397	24.14

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; CVE= Componente de varianza estimado; CVE%=Componente de varianza estimado en porcentaje.

En un estudio para la densidad relativa y longitud de traqueidas de la madera de *Pinus strobus* var. *chiapensis*, encontraron una alta variación dentro de árboles (Yáñez y Caballero, 1982); Feria y Eguiluz (1989) señalan que el mayor porcentaje de la variación fue a nivel de árboles dentro de la especie, seguido para el efecto especie en longitud de traqueidas de *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* var. *cornuta*; en el trabajo realizado para la longitud de traqueidas y peso específico de la madera en *Pinus herrerae*, en la región del

Salto, Durango, se observó que el mayor porcentaje de la variación se le atribuyó a la fuente árboles dentro de sitios para ambas variables (Calixto, 1996); Rodríguez (1998) identificó en *Pinus rudis* que el mayor porcentaje de variación se debió al efecto de las secciones dentro de cada altura del fuste, seguido del efecto de altura de rodajas dentro de árboles, y por último al efecto entre árboles para la variable largo de traqueidas. Maldonado (2004) reporta para la variable longitud de traqueidas en *Pinus teocote* que el mayor porcentaje de variación fue atribuido a diferencias entre clases de edad, así también menciona que las diferencias entre altura de rodajas fue muy bajo.

Se realizaron dos estudios previos de *Pinus herrerae*, para la misma región y con las mismas muestras de madera, uno sobre densidad de la madera y otro sobre dimensiones transversales de traqueidas. En la densidad de la madera se encontró que contribuye más la variabilidad entre árboles (27.5 %), seguido de la variabilidad entre secciones (7.0 %) y en menor proporción la variabilidad entre localidades (0.4 %) (Hernández, 2007). Sin embargo, con las variables de dimensiones transversales (ancho de traqueida, ancho de lumen y grosor de pared), contribuye en mayor proporción a la variabilidad el efecto anillos de los árboles, seguido del efecto árboles y el efecto localidad es insignificante (Rodríguez, 2008), es decir, la longitud de traqueidas presenta el mismo efecto que tuvieron las dimensiones transversales, pero diferente con el efecto de la densidad de la madera.

3.4 Variación entre localidades

La prueba Tukey de separación de medias mostró que El Molcajete y San Antonio Villalongín presentan una media de longitud de traqueida mayor (6.535 y 6.527 mm, respectivamente), y son estadísticamente diferentes de La Joya (6.323 mm) y de Huajúmbaro (5.998 mm). Pero a su vez La Joya es estadísticamente diferente de Huajúmbaro porque presenta una media de longitud de traqueida mayor (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de Tukey para separación de medias entre cuatro localidades para la longitud de traqueidas de madera tardía de *Pinus herrerae* Mtz en la región de Cd. Hidalgo, Michoacán.

Localidad	n	Largo de traqueidas		Índice de esbeltez	
		Media (mm)	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey
La joya	4	6.323	b	151.371	a
Huajúmbaro	5	5.998	c	144.457	a
Molcajete	7	6.535	a	151.915	a
San Antonio Villalongín	10	6.527	a	150.554	a

n= número de árboles de cada localidad; Valor utilizado de $\alpha= 0.05$.

Se ha encontrado diferencias significativas entre localidades, para *Pinus herrerae*, pero con diferentes variables, por ejemplo en densidad de la madera, la localidad de San Antonio Villalongín presentó el mayor valor promedio (0.535 g cm^{-3}) y fue estadísticamente diferente de Huajúmbaro (0.499 g cm^{-3}) y el Molcajete (0.507 g cm^{-3}) (Hernández, 2007); y en dimensiones transversales, ancho de traqueida, ancho de lumen y grosor de pared, la localidad del Molcajete presentó el mayor valor promedio para las variables antes mencionadas, seguidas de Huajúmbaro y La Joya (Rodríguez, 2008). Lo anterior permite reconocer que cada variable tiene su propio patrón de variabilidad, así como también que una localidad en particular no es la que tiene la madera con todos los mejores atributos.

En cuanto a los índices de calidad de pulpa para el índice de esbeltez no se encontraron diferencias significativas entre las localidades y se clasifican como buenas para la producción de papel. De manera que aún cuando existan diferencias entre localidades para el largo de traqueidas, éstas no son relevantes para el índice de esbeltez que se emplea como un indicador de la calidad de la madera para propósitos de pulpa para papel.

3.5 Variación entre árboles dentro de las localidades

Las diferencias entre árboles contribuyeron a un 16.5 % de la variación total (Cuadro 7). Al estimar el error estándar de cada localidad, con el valor promedio de la longitud de traqueida de cada localidad va de 0.023 a 0.035 y el coeficiente de variación es muy parecido entre las cuatro localidades y al obtenido a nivel general (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variación de la longitud de las traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de cada localidad de *Pinus herrerae* Mtz. en la región Ciudad Hidalgo, Mich.

Localidad	n	Media	Mín.	Máx.	Desviación estándar	Error estándar	C. V. (%)
La Joya	4	6.323	2.727	9.817	1.325	0.034	20.956
Huajúmbaro	5	5.998	2.727	8.635	1.261	0.035	21.028
EL Molcajete	7	6.535	2.908	9.817	1.185	0.026	18.139
San Antonio Villalongín	10	6.527	2.727	10.362	1.282	0.023	19.653

n = número de muestras de cada localidad (árboles); C. V. = Coeficiente de variación expresado en (%).

Esta variabilidad encontrada significa que existe potencial para realizar selección entre árboles dentro de cada una de las cuatro localidades, y por lo tanto esta variable de importancia económica podría incluirse en un programa de mejoramiento genético vía selección y cruzamiento.

Al realizar análisis de varianza para ver el efecto de árboles en cada localidad, solamente se encontraron diferencias significativas entre árboles en dos localidades (La Joya y San Antonio Villalongín), mientras que en las otras dos localidades (Huajúmbaro y Molcajete) no se presentaron diferencias (Apéndice 2).

La localidad San Antonio Villalongín fue la que tuvo mayor número de árboles y en la cual se presenta la mayor diferencia entre la media del árbol con menor y con mayor valor (2.7129 mm). Sin embargo, en la localidad de La Joya fueron sólo cuatro árboles muestreados y aun así se encontraron diferencias importantes entre la media del árbol con menor y con mayor valor (Cuadro 10). De manera que se confirma el potencial de selección entre árboles para un programa de mejoramiento genético. Incluso en las localidades donde no se presentó diferencias entre árboles, es muy probable que se deba al bajo número de árboles muestreados, pero que el potencial también es válido para dichas localidades, ya que se puede observar que existen diferencias importantes entre el valor del árbol con mayor y con menor valor.

Cuadro 10. Valores extremos a nivel promedio de árbol para longitud de las traqueidas de madera tardía de cuatro localidades de *Pinus herrerae* Mtz. en la región Ciudad Hidalgo, Mich.

Localidad	No. de árboles	Promedio del árbol (mm)		Diferencia
		con menor valor	con mayor valor	
La Joya	4	5.4122	6.7418	1.3296
Huajúbaro	5	5.7160	6.3870	0.671
EL Molcajete	7	6.2281	6.9168	0.6887
San Antonio Villalongín	10	5.5104	8.2233	2.7129

3.6 Variación entre anillos

En la variación entre anillos para el largo de traqueidas se observa que los valores más pequeños se encuentran en la parte del centro del árbol (médula) con valores apenas superiores a 4 mm siguiendo un patrón definido que tiende a

aumentar hacia la corteza del árbol, con valores ligeramente por arriba de 6 mm (Figura 3).

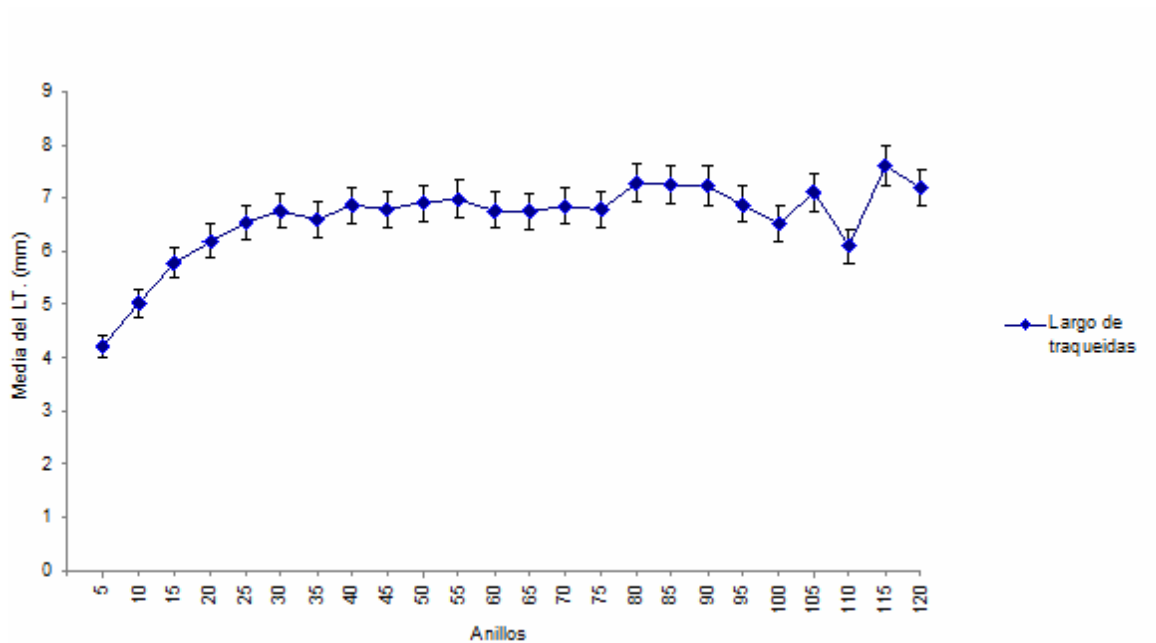


Figura 3. Tendencia del largo de traqueidas de madera tardía en su eje transversal en árboles de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de Cd. Hidalgo, Mich.

Se puede notar que en el anillo 110 disminuye de manera fuerte y después vuelve a aumentar en el anillo 115, esto podría atribuirse a que no todos los árboles tenían la misma cantidad de anillos y en éstos últimos sólo es promedio de muy pocos árboles y de una sola localidad (La Joya).

El patrón encontrado en la longitud de traqueidas coincide con lo señalado por Zobel y Talbert (1988) en forma general para un conjunto de especies, así como por otros autores como Larios (1979) para *Pinus hartwegii*, Feria y Eguiluz (1989) para *Abies religiosa*, *Pinus maximinoi*, *P. michoacana* y *P. oocarpa*, Calixto (1996) en *P. herrerae*, Rodríguez (1998) en *P. rudis*, Maldonado (2004) en *P. teocote* y Meza *et al.* (2005) en *P. patula*.

También se encontró el mismo patrón en especies diferentes al género *Pinus*, tal es el caso de *Eucalyptus globulus* ssp, *globulus* (Igartúa et al., 2000) y *Sequoia sempervirens* (Orell, 2004),

3.7 Correlación de la longitud de traqueida de madera tardía y otras variables

Existe correlación positiva de el largo de traqueida con las variables ancho de traqueida, grosor de pared, densidad de la madera, coeficiente de rigidez, índice de esbeltez y relación Runkel; pero no existe correlación entre el largo de traqueida y ancho de lumen. Así mismo existe correlación negativa entre la longitud de traqueida y el coeficiente de flexibilidad (Cuadro 11).

Cuadro 11. Correlación entre longitud de traqueida y otras variables de la madera de *Pinus herreraei* de la región de Cd. Hidalgo, Mich.

Variables	AT	GP	AL	DM	CR	CF	IE	RR
L.T. (mm)	r 0.195	0.524	-0.131	0.193	0.411	-0.411	0.779	0.386
Prob > r	0.007	<.0001	0.069	0.008	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

AT=Ancho de traqueida; GP=Grosor de pared; AL=ancho de lumen; DM=Densidad de la madera; CR=Coeficiente de rigidez; CF=Coeficiente de flexibilidad; IE=Índice de esbeltez; RR=Relación Runkel.

Cuando existe correlación positiva, significa que a medida que la traqueida aumenta de tamaño, las demás variables también lo hacen. En caso de la correlación negativa a medida que la traqueida aumenta de tamaño, el coeficiente

de flexibilidad disminuye. Al momento de seleccionar árboles de acuerdo a la longitud de traqueidas, se seleccionaría en forma indirecta otras variables, con las cuales se correlaciona, ya sea positiva o negativamente.

De acuerdo con Tamarit (1996) para obtener una buena calidad de pulpa se requiere madera con traqueidas que tengan valores bajos en coeficiente de rigidez, relación Runkel e índice de esbeltez y valores altos en el coeficiente de flexibilidad. De manera que al seleccionar árboles con longitud de traqueidas de valores grandes, se obtendría índices o coeficientes contrarios a los deseables, y para obtener valores deseables en los coeficientes o índices de calidad de pulpa, sería necesario seleccionar los árboles con traqueidas cortas, lo que a su vez repercutiría en madera con baja densidad, lo cual parece ser contradictorio a lo señalado por autores como Zobel y Talbert (1988) que indican que para la mayoría de los usos de la madera se trabaja para aumentar el largo de las traqueidas y la densidad de la madera.

4 CONCLUSIONES

A partir de los resultados que se obtuvieron en este estudio de longitud de traqueidas para *Pinus herrerae* de la región de Cd. Hidalgo, Mich., se llega a las siguientes conclusiones:

Las traqueidas de *Pinus herrerae* se clasifican como de longitud grande con una media de 6.404 mm.

Esta especie presenta un índice de esbeltez muy grande, y queda clasificada como madera de buena calidad para producción de papel, con un grado III.

Existen diferencias altamente significativas entre localidades, entre número de árboles dentro de las localidades y entre anillos de los árboles dentro de las localidades para longitud de traqueida.

La mayor variabilidad se encuentra a nivel de anillos de los árboles dentro de localidades (59.34%), seguido del efecto de árboles dentro de localidades (16.51%), mientras que la variación entre localidades es insignificante (0%).

En relación a su eje transversal, la longitud de las traqueidas de *Pinus herrerae*, presentan el mismo patrón definido por las coníferas, el cual las traqueidas son más cortas en la médula y aumentan progresivamente hacia la periferia.

Es posible incluir el L.T. en un programa de mejoramiento genético forestal con esta especie, donde la selección se llevaría principalmente a nivel de árboles.

5 RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios de variación genética de traqueidas en ensayos de procedencias y de progenies, para determinar en qué porcentaje contribuyen los factores genéticos y los factores ambientales a la variación total.

Al trabajar en el laboratorio se recomienda utilizar bata, guantes, cubre bocas y lentes para protección, ya que las sustancias son muy fuertes en olor y altamente corrosivas.

En la fase de montaje de las traqueidas sobre las laminillas, se recomienda manipular lo más rápido posible, para evitar la deshidratación de las traqueidas.

6 LITERATURA CITADA

- Borja de la Rosa, A., J.F. Zamudio S., R. Goche T. 2000. Cinco características de la madera de *Pinus caribaea var hondurensis* Barr et Golf. de una plantación en "La Sabana", Oaxaca. In: Memorias del III congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Ed. El Consejo de Ciencia y Tecnología de Estado de Durango. Durango, México. Pp. 75-76.
- Calixto T., O. 1996. Variación del pesos específico y longitud de las traqueidas de *Pinus herrerae* Martínez de la región de El Salto, Durango. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- Calvillo G., J. C. 2003. Estudio epidométrico para *Pinus herrerae* Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Michoacán. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 68 p.
- Cochran G. W. 1980. Técnicas de muestreo. CECSA. México. 513 p.
- CONAFOR-CONABIO. s/f. Ficha técnica de *Pinus herrerae* Martínez. <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/bosquedes/Fichas%20Tecnica/Pinus%20herrerae.pdf>. (15 de noviembre de 2007).
- DETENAL 1978. Carta geológica. E14A14. Zinapécuaro. Esc: 1:50,000. México.
- DETENAL 1979a. Carta geológica. E14A25. Tzitzio. Esc: 1:50,000. México.
- DETENAL 1979b. Carta edafológica. E14A24. Tzitzio. Esc: 1:50,000. México.
- DETENAL 1979c. Carta edafológica. E14A14. Zinapécuaro. Esc: 1:50,000. México.

- Feria P., S. y T. Eguiluz P. 1989. Variación natural en longitud y dimensiones transversales de las traqueidas en *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* var. *cornuta* de la Sierra Chatina, Oaxaca. In: Memoria del Congreso Forestal. Tomo II. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarios del Distrito Federal, INIFAP. SARH. Toluca, México. Pp. 1030-1061.
- García, E. 1986. Apuntes de climatología. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 155 p.
- Giménez, A.M. y C.R. López. 2002. Variación longitudinal de los elementos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. Et. Meyer Anacardiaceae. Revista Madera y Bosques 8 (002): 27-38.
- Giménez A. M., P. Hernández., R. Gerez y C. Spagarino.2007. Anatomía de leño y anillos de crecimiento de Palo Santo (*Bulnesia sarmientoi* Lorenz ex. Griseb Zygothylaceae). Revista de Ciencias Forestales. Quebracho N° 14 (23-35).
- Goche T., R., M. Fuentes S., A. Borja de la Rosa. 2000. Variación de la densidad básica y longitud de traqueidas de *Pinus ayacahuite* var. *Veitchii*. In: Memorias del III congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Ed. El Consejo de Ciencia y Tecnología de Estado de Durango. Durango, México. Pp. 73-74.
- Hernández de la C, J. 2007. Variación de la densidad de la madera de *Pinus herrerae* Mtz. En ciudad Hidalgo, Mich. Tesis profesional. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 38 p.
- Huerta C., 1976. Notas sobre anatomía de maderas en relación al secado. Ciencia Forestal. 1 (1): 43-53.

- Ibarra G., R. 1999. Variación de las dimensiones transversales de traqueidas de madera tardía dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl. en Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 71 p.
- Igartúa, D.V., M. Rivera, S., G. Monterubbianesi, M., E.1 Monteoliva, S., S. Farina., L. Carranza, S., S. Villegas, M. 2000. Calidad del leño en *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. I- Variación de la densidad básica y la longitud de fibra en una estación del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias de Balcarce. Argentina. 20 p.
- INEGI. 1997. Carta topográfica. E14A14. Zinapécuaro. Esc: 1:50,000. México.
- INEGI. 1998. Carta topográfica. E14-1. Morelia. Esc: 1:250,000. México.
- INEGI. 2000. Carta topográfica. E14A24. Tzitzio. Esc: 1:50,000. México.
- Infante G., S. y G. P. Zarate de L. 1990. Métodos estadísticos. 2ª edición. Trillas. México. 643 p.
- Larios S., P.1979. Índice de calidad de las pulpas de dos coníferas. Tesis profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.
- Maldonado C., R. 2004. Variación de longitud de traqueidas de *Pinus teocote* Schl. et Cham. de la Sierra La Cebolla de Montemorelos, N. L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo Coah., México. 51 p.

- Mares A., O. 2003. Índice de sitio para *Pinus herrerae* Martínez en Cd. Hidalgo, Michoacán. Tesis profesional. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª edición. Ediciones botas. México. 361 p.
- Martínez M. E., C. G. Ibarra, V. A. Hernández y F. Lorea-Hernández. 1987. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación de la región Azufres. Michoacán, Revista Trace. 12:22 - 37.
- Meza J. D. J., J. J. Vargas H., J. López U., H. Vaquera-Huerta y A. Borja de la Rosa. 2005. Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* Schl. et Cham. Ra Ximhai 1(2):305-324.
- Olvera, C. P. 1981. Estudio anatómico de la madera de siete especies del género *Pinus*. Boletín técnico No. 71. Instituto Nacional de Investigaciones forestales. México. 52 p.
- Orell A. M del C. 2004. Estudio del largo de traqueidas en *Sequoia sempervirens* D. Don (endl). crecida en Chile, con respecto a su ubicación en el árbol. Santiago – Chile 2004. Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. 97 p.
- Padilla G., H. 1982. Glosario práctico de términos forestales. Editorial Limusa. México. 118 p.
- Perry, J. P. 1991. The pines of México and America Central. Timber press. Inc. Portland, Oregón, USA. 563 p.
- Rodríguez M., E. 2008. Variación natural en dimensiones transversales de traqueidas en *Pinus herrerae* Mtz. en Cd. Hidalgo, Michoacán. Tesis

- profesional. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- Rodríguez V., E. 1998. Variación del largo del traqueidas dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl en Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, 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.
- SEMARNAP- UACH. 1999. Atlas Forestal de México. SEMARNAP. México. 101 p.
- SEMARNAP. 1999. Anuario estadístico de la producción forestal. México. 156 p.
- Tamarit U., J. C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas 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. México. 58 p.
- Torres P., A. y T. Eguluz P. 1989. Variación de las dimensiones transversales de las traqueidas de cuatro especies de Pinos: *P. patula*, *P. michoacana*, *P. rudis*, *P. teocote* de la Sierra de Juárez Oaxaca. In: Memoria del Congreso Forestal Mexicano. Toluca, México. Pp. 1062-1078.
- Ucodefo-2 (Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 2). 1994. Organización de la Unidad Ciclo 1994-1995 Cd. Hidalgo, Michoacán. 21 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.
- Villaseñor A., J. C. y J. G. Rutiaga Q. 2000. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. *Madera y Bosques* 6(1): 29-40.
- Vignote S. y F. Jiménez. 1996. Tecnología de la madera. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España. 606 p.
- 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 relativa y longitud de traqueidas de la madera. *Revista Chapingo* 15(75):18-24.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.

7 APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza y de componentes de varianza de la longitud de traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de localidades de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de ciudad Hidalgo, Michoacán.

F.V.	G.L.	CM	Fc	Pr > F	CM	CVE	CV E (%)	Componentes de los CME
Loc	3	84.713	212.86	<.0001	97.908	-0.004	0.00	$\sigma^2 e + 20.904 \sigma^2 c + 312.4 \sigma^2 b + 1849.7$
Na (loc)	22	101.416	254.82	<.0001	100.523	0.272	16.51	$\sigma^2 e + 20.831 \sigma^2 c + 292.84 \sigma^2 b$
An(loc*na)	351	20.330	51.08	<.0001	20.330	0.978	59.34	$\sigma^2 e + 20.374 \sigma^2 c$
Error	7316				0.397	0.397	24.14	$\sigma^2 e$

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; Fc= Valor calculado de F; Pr > F=Probabilidad mayor de F; CVE= Componente de varianza estimado; CVE%=Componente de varianza estimado en porcentaje; CME=Cuadrados medios esperados; Loc= Localidad; Na (loc)=Numero de árboles dentro de localidades; An(loc*na)= Anillo de los árboles dentro de localidades; $\sigma^2 e$ = Varianza del error; $\sigma^2 c$ = Varianza de anillos de los árboles dentro de las localidades; $\sigma^2 b$ = Varianza del numero de árboles dentro de localidades; $\sigma^2 a$ =Varianza de las localidades.

Apéndice 2. Análisis de varianza de la longitud de traqueidas de madera tardía entre árboles dentro de cada localidad de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de ciudad Hidalgo, Michoacán.

F.V.	g.l.	CM	Fc	Pr > F
La Joya	3	6.936	5.87	0.0013
Huajúmbaro	4	0.806	0.61	0.6591
EL Molcajete	6	0.898	0.93	0.4801
San Antonio Villalongín	9	9.142	12.32	<.0001

F.V.= Fuente de variación; g.l.= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; Fc= Valor calculado de F; Pr > F=Probabilidad mayor de F.