

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Variación de la densidad de la madera de *Pinus*
herrerai Mtz. en Ciudad Hidalgo, Mich.**

Por

JUAN HERNÁNDEZ DE LA CRUZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Variación de la densidad de la madera de *Pinus*
herrerai Mtz. en Ciudad Hidalgo, Mich.**

Por

JUAN HERNÁNDEZ DE LA CRUZ

TESIS:

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR PRINCIPAL

**COORDINADOR INTERINO DE LA
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

M. C. SALVADOR VALENCIA MANZO

M. C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Variación de la densidad de la madera de *Pinus
herrerai* Mtz. en Ciudad Hidalgo, Mich.**

Por

JUAN HERNÁNDEZ DE LA CRUZ

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. CELESTINO FLORES LÓPEZ
ASESOR

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2007

El presente estudio forma parte del Proyecto de Investigación:

02.03.0207.2371 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, denominado “Densidad de la madera de *Pinus herrerae* de la región de Cd. Hidalgo, Mich.”

...Vago e invito a vagar a mi alma.
Vago y me tumbo a mi antojo sobre la tierra
para ver cómo crece la hierba del estío.

Mi lengua y cada molécula de mi sangre nacieron aquí,
de esta tierra y de estos vientos.

Me engendraron padres que nacieron aquí,
de padres que engendraron otros padres que nacieron aquí,
de padres hijos de esta tierra y de estos vientos también.

(Walt Whitman)

DEDICATORIA

A mis padres: JUAN HERNÁNDEZ Y MARÍA DE LA CRUZ.

Quienes me dieron la vida y siempre me han brindado su amor, cariño y apoyo en todos los sentidos, depositando su confianza en mí para cumplir el sueño más grande que siempre he deseado alcanzar.

A mis hermanos

Por compartir alegrías, sufrimiento, tristeza, y sobre todo por su apoyo moral y económico.

A mis tíos: MARIANO LÓPEZ Y TERESA GUTIÉRREZ

Por considerarme como un elemento importante de la familia y por su valioso apoyo económico y moral.

A todos mis sobrinos

Para demostrarles que prepararse estudiando, es un mejor ejemplo para mejorar las condiciones de vida y abrirse un poco del mundo donde se desenvuelven, y que a pesar de los obstáculos, es posible lograr los objetivos.

A mis primos

Con quienes viví mi adolescencia, intercambiando siempre experiencias, críticas y sobre todos los apoyos y favores que me brindaron mientras estaba lejos de la familia.

A mis abuelos

Quienes a pesar de ser analfabetos siempre me brindaron los mejores consejos, amor y cariño, aunque, en este momento algunos ya no estén en esta tierra.

A todos los compañeros de la generación, quienes con ellos construí una relación de hermandad durante toda la carrera.

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA MATER, por brindarme todos los servicios básicos para mi formación como Ingeniero Forestal.

Al Departamento de Ciencias Básicas de la UAAAN, por brindarme el espacio de trabajo, los servicios de laboratorio y apoyo.

A la Secretaría de Pueblos Indios (SEPI), San Cristóbal de las Casas, Chiapas. por otorgarme la beca durante toda la carrera hasta el final de este trabajo.

A La Fundación Maya y Sna Jtz'ibajom A. C, por otorgarme la beca tesis y cumplir satisfactoriamente los objetivos en la construcción de este trabajo.

A Los profesores del Departamento Forestal de la UAAAN, por su valiosa contribución en mi formación durante toda la carrera.

Al M. C. Salvador Valencia Manzo. Por su valiosa asesoría y dedicación en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo. Por su contribución en la mejora de este trabajo.

Al M. C. Celestino Flores López. Por las aportaciones en la mejora de este trabajo.

Al Ing. Oscar Mares Arreola, por su cooperación en la colecta de las muestras de madera y otras.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Variación	1
1.2 Densidad de la madera	4
1.3 Distribución, ecología e importancia de <i>Pinus herrerae</i> Mtz.	8
1.4 Objetivo e hipótesis	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Descripción del área de estudio	11
2.2 Trabajo en campo	15
2.3 Trabajo en laboratorio	15
2.4 Análisis estadístico	18
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1 Medidas de tendencia central y de dispersión	20
3.2 Análisis de varianza y análisis de componentes de varianza	22
3.3 Variación de la densidad de la madera de <i>Pinus herrerae</i> entre las cuatro localidades en la región de Cd. Hidalgo, Mich.	25

3.4	Variación de la densidad de la madera entre árboles dentro de las cuatro localidades de la región de Cd. Hidalgo, Mich.	27
3.5	Variación de la densidad de la madera entre secciones de la madera de las cuatro localidades de la región de Cd. Hidalgo, Mich.	28
4.	CONCLUSIONES	30
5.	RECOMENDACIONES	31
6.	LITERATURA CITADA	32
7.	APÉNDICE	39

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.	13
Cuadro 2. Características del clima en los lugares con estaciones meteorológicas cercanas a las localidades en estudio.	14
Cuadro 3. Componentes de los cuadrados medios esperados para la densidad de la madera.	19
Cuadro 4. Medidas de tendencia central y de dispersión para la densidad de la madera de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.	20
Cuadro 5. Análisis de componentes de varianza de la densidad de la madera dentro de las cuatro localidades de distribución natural de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.	24
Cuadro 6. Variación de la densidad de la madera entre árboles dentro de cada localidad de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de las cuatro localidades para la densidad de la madera de <i>Pinus herrerae</i> en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.	12
Figura 2. Marcado y seccionado de las muestras de madera empleadas en este estudio.	17
Figura 3. Prueba de Tukey para separación de medias de la densidad de la madera de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. entre las cuatro localidades en la región de Cd. Hidalgo, Mich.	26
Figura 4. Variación promedio de la densidad de la madera de <i>Pinus herrerae</i> Mtz. entre secciones de madera de diez años de crecimiento dentro de las cuatro localidades de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.	29

RESUMEN

La densidad de la madera es una característica de importancia económica, que generalmente presenta variación y fuerte control genético, por lo que se incluye de forma importante en los programas de mejoramiento genético forestal. El presente estudio tuvo como objetivo conocer la variación de la densidad de la madera entre localidades, entre árboles y entre secciones de la madera de *Pinus herrerae* Mtz. de distribución natural en la región de Cd. Hidalgo, Mich.

En este estudio se consideraron cuatro localidades como La Joya, Huajúmbaro, El Molcajete y San Antonio Villalongín con diferente número de muestras en cada una de ellas, que va de 4 a 11 árboles. Se colectaron muestras de madera extrayendo una rodaja por árbol en un rango de altura de corte de 2.70 m a 5.25 m de altura. Cada rodaja se le extrajo una faja de madera, donde fueron identificadas como sección A y sección B, a su vez, fueron subseccionadas en cada 10 anillos de crecimiento, enumerándose del centro hacia a fuera. Se estimó la densidad de la madera por medio del método de máximo contenido de humedad. Se realizaron el análisis de varianza y análisis de componentes de variación, para ello, se empleó un diseño completamente al azar con arreglo jerárquico (anidado).

Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre localidades, entre árboles y no entre secciones de la madera dentro del árbol. La densidad de la madera presentó un valor promedio de 0.517 g cm^{-3} , que se clasifica como madera pesada. De la variación total observada en la densidad de la madera, el 0.41 % corresponde a diferencias de localidades, el 27.54 % corresponde a efectos entre árboles dentro de las localidades y 7.04 % corresponde a efecto entre secciones. Los resultados muestran una alta posibilidad de realizar una selección entre individuos y muy baja entre localidades.

PALABRAS CLAVE: *Pinus herrerae*, variación, densidad de la madera, región Ciudad Hidalgo, Mich.

1 INTRODUCCIÓN¹

1.1 Variación

Las diferencias anatómicas o fisiológicas entre árboles forestales de la misma especie se conocen como variación (Padilla, 1987). La variación se presenta por las diferencias genéticas entre árboles, las diferencias ambientales en los cuales crecen y las interacciones existentes entre ambos (Zobel y Talbert, 1988).

La variación genética se debe a la diferencia de la información genética contenida en el individuo, la cual se clasifica en componentes aditivos y no aditivos, siendo el componente aditivo el más importante (Zobel y Talbert, 1988; Griffiths *et al.*, 2002).

La mayoría de las características de importancia económica como el peso específico de la madera, la rectitud del fuste y otras características cualitativas de los árboles forestales están bajo control genético aditivo, lo cual constituye una ventaja, ya que la variación aditiva puede utilizarse eficazmente en sistemas de selección simples, tales como aquellos que son muy convenientes para los programas de mejoramiento genético forestal, además de que estas características de los árboles son altamente heredables (Zobel y Talbert, 1988).

Las características económicas de la madera, entre ellas la densidad, son más heredables que características de crecimiento de los árboles, por ejemplo, para *Pinus patula* Schl. et Cham. se ha reportado una heredabilidad individual de 0.25 y una heredabilidad a nivel de familia de 0.64 (Valencia *et al.*, 1996).

¹ Esta tesis fue elaborada siguiendo la guía de autores de la Revista Fitotecnia Mexicana.

De esta manera, la variación presente en muchos de los caracteres del árbol es el punto clave para llevar a cabo selección de material genético en los programas de mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert, 1988; Griffiths *et al.*, 2002).

La importancia de la variación es obtener ganancias genéticas excelentes desarrollando líneas de árboles que crezcan adecuadamente en sitios marginales o submarginales, mediante la selección de aquellos individuos que crecen mejor ahí y la utilización posterior de sus semillas para reforestar áreas similares; por ejemplo, la resistencia a las plagas es afectada tanto por variación aditiva como no aditiva, dependiendo de la plaga y la especie de árbol en cuestión, pero en general se obtienen buenas ganancias a través de programas de selección que utilicen la porción aditiva de la variación genética (Zobel y Talbert, 1988).

De esta forma se señala que existe la tarea de estimar la magnitud y tipo de variación presente en las características económicas de las especies con distribución en las poblaciones naturales, ya que es importante para tener éxito en los programas de mejoramiento genético forestal, así como para evitar desgaste de dinero en el proceso de la selección del material genético, para ello se requieren de estudios detallados de la variación dentro de la especie (Zobel y Talbert, 1988).

La variación natural a nivel población se compone de la mutación, recombinación e inmigración de alelos, como fuentes de variación poblacional (Griffiths *et al.*, 2002). Mientras que en los árboles forestales existen varias categorías de variación, que pueden agruparse en variación geográfica o de procedencia, sitios dentro de las procedencias, rodales dentro de los sitios, árboles individuales dentro de los rodales y dentro de los árboles.

La variación entre procedencia se refiere a las diferencias geográficas presentes entre cada localidad, especialmente a las características de adaptabilidad. En diversos trabajos en poblaciones naturales se ha estudiado el efecto a nivel de procedencias en diversas características, por ejemplo, la morfología de acículas de

P. arizonica Engelm. (Rodríguez, 1996), morfología y anatomía en hojas y conos de *Pseudotsuga* del Norte de México (Santos, 1998), la densidad de la madera de *P. greggi* en el norte de México (López y Valencia, 2001), y el crecimiento y la forma de la copa de *P. greggii* Engelm. (Reynosa, 2006), entre otros.

La variación entre procedencia y las diferencias que existen de un árbol a otro explican la mayor parte de la variación genética encontrada dentro de una especie de árboles que crecen en rodales naturales (Zobel y Talbert, 1988).

La variación entre sitios está dada por efecto de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, el estudio de la densidad relativa y longitud de traqueidas de *P. strobus* var. *chiapensis* (Yáñez y Caballero, 1991) y la variación de la densidad de la madera de *P. arizonica* (Arroyo, 2001), presentan esta variación.

La variación de un rodal a veces resulta de un error de muestreo debido al tamaño pequeño de la población. En general las diferencias de un rodal a otro son tan poco importantes que pueden ignorarse (Zobel y Talbert, 1988), sin embargo, se ha reportado la variación entre rodales en las propiedades de la madera (Sánchez, 2000).

La diferencia que existe entre árboles de la misma edad y especie que crecen dentro del mismo sitio o rodal es conocida como variación entre árboles. La densidad de la madera, así como otras características de ésta, varían ampliamente de un árbol a otro, sin importar la especie o el sitio donde crezcan los árboles (Zobel y Talbert, 1988). En la actualidad existe una infinidad de estudios con relación a este nivel de variación, los cuales pueden citarse algunos de ellos como la variación de la densidad de la madera de *P. arizonica* (Arroyo, 2001), de *P. greggii* Engelm (López y Valencia, 2001), y al de *P. engelmannii* Carr. (Tzab, 2002).

Las propiedades de la madera varían ampliamente dentro del árbol, de la madera juvenil a madera madura, es decir, de la médula hacia el exterior, así también como de diferentes alturas del árbol. Para esta variación se pueden citar los trabajos hechos en traqueidas de la madera de *P. rudis* Endl. (Ibarra, 1999), y de *P. teocote* Schl. et Cham. (Maldonado, 2004); así también como de densidad de la madera en *P. rudis* Endl. (López A., 1997), en *P. teocote* Schl. y Cham. (Trujillo, 1999), en *P. arizonica* Engelm. (Arroyo, 2001) y *P. estevezii* Mtz. (López, 2004).

1.2 Densidad de la madera

La densidad de la madera es una relación entre el peso de la madera, generalmente expresado en gramos y en estado anhidro y el máximo volumen de la madera, generalmente expresado en centímetros cúbicos (Vignote y Jiménez, 2000). El peso específico o gravedad específica es la relación del peso de un volumen dado de madera con el peso de un volumen dado de agua y carece de unidades (Zobel y Talbert, 1988). En el sistema métrico decimal el valor de densidad de la madera y de peso específico son los mismos (Tippens *et al.*, 2001). Por lo que estos términos son usados con mucha frecuencia en forma indistinta, aún cuando no son iguales, como ya se explicó.

La densidad de la madera es usada como el indicador de casi todas propiedades de la madera, es decir, con base a la densidad de la madera se puede estimar su calidad de fuerza y rigidez, para definir los posibles usos que se le puede dar a la madera (Kubler, 1991) pero también es un indicador de la producción de celulosa y la calidad de maquinado (Hocker, 1984).

El crecimiento radial o anillos de las coníferas están en función de las traqueidas presentes, que son células orientadas verticalmente, con paredes celulares relativamente lignificadas. Las traqueidas a lo largo de la porción interna de un anillo son anchas y poseen paredes celulares delgadas. Estas células anchas forman la

madera temprana (madera de primavera), de constitución porosa, con baja densidad y de tonalidad brillante. En alguna sección de la parte media del anillo, las traqueidas se tornan planas, con paredes gruesas y dan lugar a la madera tardía (madera de verano). La transición entre madera temprana y tardía puede ser gradual en algunas especies y abruptas en otras (Villanueva *et al.*, 2004).

La densidad de la madera está formada por tres diferentes propiedades de la madera, tales como la cantidad de madera de verano, el tamaño de las células y el grosor de la pared celular (Zobel y Talbert, 1988):

- a) Cantidad de madera tardía. La madera tardía es la que se forma al final de la estación de crecimiento; también es conocida como madera de verano o de otoño, se identifica por poseer densidad de la madera alta, sin importar la distribución geográfica del árbol.
- b) Tamaño de las células. El tamaño de las células es un indicador de la densidad de la madera, ya que las células de mayor tamaño son de baja densidad de la madera, mientras que las células de menor tamaño son las de alta densidad.
- c) Grosor de la pared celular. La madera tardía posee una pared celular más gruesa que la madera temprana, lo que indica que tiene menos espacio vacío llamado lumen, por lo tanto, su densidad es más alta que la madera temprana o madera de primavera. Aunque esta característica varía ampliamente entre los árboles, la madera temprana se identifica por la coloración café claro.

Por esta razón, la densidad de la madera depende de la producción del volumen de la pared celular con el volumen de toda la madera (Kubler, 1991).

La densidad de la madera desempeña un papel importante en la genética forestal, ya que es una propiedad de la madera altamente heredable, utilizado como principio de la selección de material genético en los programas de mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert, 1988).

La densidad de la madera es una característica que presenta variación en diferentes niveles. Es ampliamente conocido que existen diferencias entre especies, así se tienen algunas como *P. strobus* var. *chiapensis* de bajo valor de 0.35 g cm^{-3} (Yáñez y Caballero, 1991); hasta otras con muy alto valor de 0.58 g cm^{-3} como *P. cembroides* (Vaca, 1992).

Dentro de cada especie, los estudios de variación de densidad de la madera, se han hecho de dos o tres niveles de forma simultánea, por ejemplo, procedencias, árboles y alturas en *P. estevezii* (López, 2004) y *P. teocote* (Monarrez, 2004).

Se ha encontrado diferencias entre árboles y dentro del árbol, por ejemplo, *P. rudis* (López A., 1997) y *P. cembroides* (Vaca, 1992).

Se han encontrado o estudiado diferencias a nivel de procedencias o localidades, por ejemplo, en *Pseudotsuga* (Zúñiga, 1998), *P. greggii* Engelm (López y Valencia, 2001).

Por otra parte, la densidad de la madera puede diferir entre dos árboles de la misma especie que crecen juntos en la misma localidad (Hocker, 1984). Por ejemplo, *P. arizonica* (Arroyo, 2001) y *P. engelmannii* Carr. (Tzab, 2002).

La densidad de la madera tiene importancia, ya que tiene efecto sobre el rendimiento y la calidad del producto final, además de que es una característica de la madera altamente heredable por la gran variación que hay de cada árbol (Zobel y Talbert, 1988).

Desde el punto de vista del manejo forestal, la determinación de la densidad de la madera permite elaborar tablas de rendimiento de peso seco que dan una predicción útil de la productividad por unidad de área de terreno, donde los rendimientos del peso seco de los diferentes grupos de edades permiten determinar el potencial

biológico de productividad de los rodales forestales (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, *Pinus patula* (Ladrach, 1986; Valencia y Vargas, 2001).

El peso específico o densidad de la madera ha sido la primera de sus propiedades físicas estudiadas y es en el peso específico donde mejor se puede apreciar la calidad de una madera como material de construcción por la resistencia o como combustible por su poder calorífico, determinado por su densidad (Kollmann, 1959).

En la actualidad existen industrias consumidoras de madera que prefieren la madera que tenga una alta o baja gravedad específica, madera que tenga fibras o traqueidas largas o cortas, madera con más o menos sustancias extractivas, así como de otras propiedades, para eso se deben conocer las propiedades de la madera de interés (Guries, 1991), ya que las propiedades de la madera, su demanda y el destino de los bosques, son factores que están interrelacionados estrechamente (Kubler, 1991).

En la actualidad se conocen varios métodos para la estimación de la densidad de la madera, cada uno de ellos presenta sus propias ventajas y desventajas. Así por ejemplo, el uso del pilodyn es muy práctico, ya que el valor se obtiene directamente en campo (Notivol *et al.*, 1992); mientras que el uso de rayos X es muy preciso y proporciona información a través de toda la muestra de madera, pero se requiere equipo más sofisticado de laboratorio (Vargas, 1990). También existen métodos intermedios en precisión y costo, uno de los más tradicionales es el método de desplazamiento de agua (Kollmann, 1959), sin embargo en muestras pequeñas de madera, es poco preciso en la estimación del volumen, lo cual ha sido resuelto en el método de máximo contenido de humedad, donde se estima el volumen a partir del peso saturado y peso anhidro de las muestras (Smith, 1954), su principal desventaja es el largo período de tiempo que se requiere para que las muestras logren su punto máximo de saturación de humedad; otra alternativa reciente es el método empírico (Valencia y Vargas, 1997), pero tiene como limitante que sólo se emplea en muestras obtenidas con taladro de Pressler.

1.3 Distribución, ecología e importancia de *Pinus herrerae* Mtz.

Pinus herrerae Mtz. se encuentra distribuido en los estados de Jalisco, Sinaloa, Durango, Guerrero, Oaxaca y Michoacán. En este último se ha localizado en los municipios de Coalcomán y Aguililla, formando pequeños bosques y comúnmente se asocia con *P. douglasiana* Mtz., *P. michoacana* Mtz. var *cornuta*, *P. oocarpa* Schiede et Schltldl., *P. teocote* Schltldl. et Cham., y *Quercus rugosa* Née. Su rango altitudinal oscila entre 1200 a 2500 msnm, y se usa como combustible e industrial (Dvorak et al., 2000; Amezcua y Ángeles, 2003), aunque está documentado que *P. herrerae* se distribuye también de manera natural en los municipios de Zinapécuaro, Ciudad Hidalgo, correspondiente a la región Ciudad Hidalgo, Mich. (Mares, 2003)

Pinus herrerae se destaca como una de las especies de coníferas presentes en el estado de Michoacán, alcanzando tamaños de 20 a 30 m de altura por 75 cm a 1 m de diámetro, tronco casi siempre rectos y follaje denso, además es una especie productora de trementina en abundancia, su madera es blanca, ligeramente amarillenta y de calidad media (Martínez, 1948; Dvorak et al., 2000).

Esta especie se presenta frecuentemente asociada con el género *Quercus* formando bosques de pino-encino, en las altitudes indicadas, exposiciones Oeste y en suelos muy profundos. En las vertientes occidentales inferiores de la Sierra Madre Occidental en Durango y Sinaloa, se localizan pinares, pero mucho más bajo y raquíto, el *Pinus herrerae* se asocia con otras especies de *Pinus*. En las vertientes inferiores a menos de 2000 m de altitud, también se encuentra asociado con algunas especies de *Quercus* (Rzedowski, 1978).

El manejo de *Pinus herrerae* en México se ha orientado a la parte maderable, pero además de ésta, se aprovecha como no maderable en forma de leña, regulada por la NOM-012, en la cual se establecen algunas prácticas de aprovechamiento de leña (SEMARNAP, 1996).

En estudios previos a este trabajo, se reporta que *Pinus herreraei* del estado de Michoacán presenta buena calidad ya que tiene textura media a fina, para la cual, es utilizada comercialmente como madera para construcción, aserrío, cajas de empaque, pulpa para papel, postes telegráficos, chapado, pisos de duela y parquet, tarimas, muebles rústicos, caballetes, restiradores, escritorios, estantería, cabos y mangos para herramientas; además de madera, también tiene importancia comercial en la producción de resina (Amezcuca y Ángeles, 2003).

Los poseedores del recurso forestal de la región de Ciudad Hidalgo, Mich., dependen económicamente de él, lo cual, es importante hacer estudios tanto de manejo como en otras áreas de la ciencia forestal (Calvillo, 2003; Mares, 2003), en éste caso la variación de la densidad de la madera, que serviría de mucha utilidad para posteriores estudios de genética forestal.

1.4 Objetivo e hipótesis

El objetivo de este trabajo fue determinar la variación de la densidad de la madera entre localidades y entre árboles dentro de cuatro localidades de la distribución natural de *Pinus herreraei* en la región de Ciudad Hidalgo, Michoacán, México.

Las hipótesis nulas que se proponen son las siguientes:

Ho: No existe diferencia en la densidad de la madera entre cuatro localidades de la distribución natural de *Pinus herreraei* de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Ho: No existe diferencia de la densidad de la madera entre árboles dentro de cuatro localidades de la distribución natural de *Pinus herreraei* de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Ho: No existe diferencia de la densidad de la madera entre secciones de diez años de crecimientos dentro de los árboles de *Pinus herrerae* en su distribución natural de la región Ciudad Hidalgo, Mich.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio

Las localidades de La Joya, Huajúmbaro, El Molcajete y San Antonio Villalongín, se ubican en la subprovincia fisiográfica denominada Mil Cumbres en la región Ciudad Hidalgo, Mich. (Ucodefo-2, 1994), a su vez, forma parte del Eje Neovolcánico Transversal o provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, donde la especie en estudio se distribuye de manera natural.

La primera localidad se ubica en el municipio de Zinapécuaro y las últimas tres en el municipio de Ciudad Hidalgo. Dichas localidades tienen un rango de ubicación geográfica entre las coordenadas 19° 30' 46" a 19° 50' 27" de latitud Norte y 100° 42' 14" a 100° 46' 2" de longitud Oeste (INEGI, 1997, 1998, 2000) (Figura 1) (Cuadro 1).

El área presenta altitudes que van desde los 2100 a 3000 msnm, con pendientes que van del 10 al 40 %. En las áreas de estudio 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. En el área de estudio también se encuentran andesitas de color rosa compactadas, las cuales subyacen a otra andesita de fracturamiento intenso y de color gris (DETENAL, 1978; 1979a).

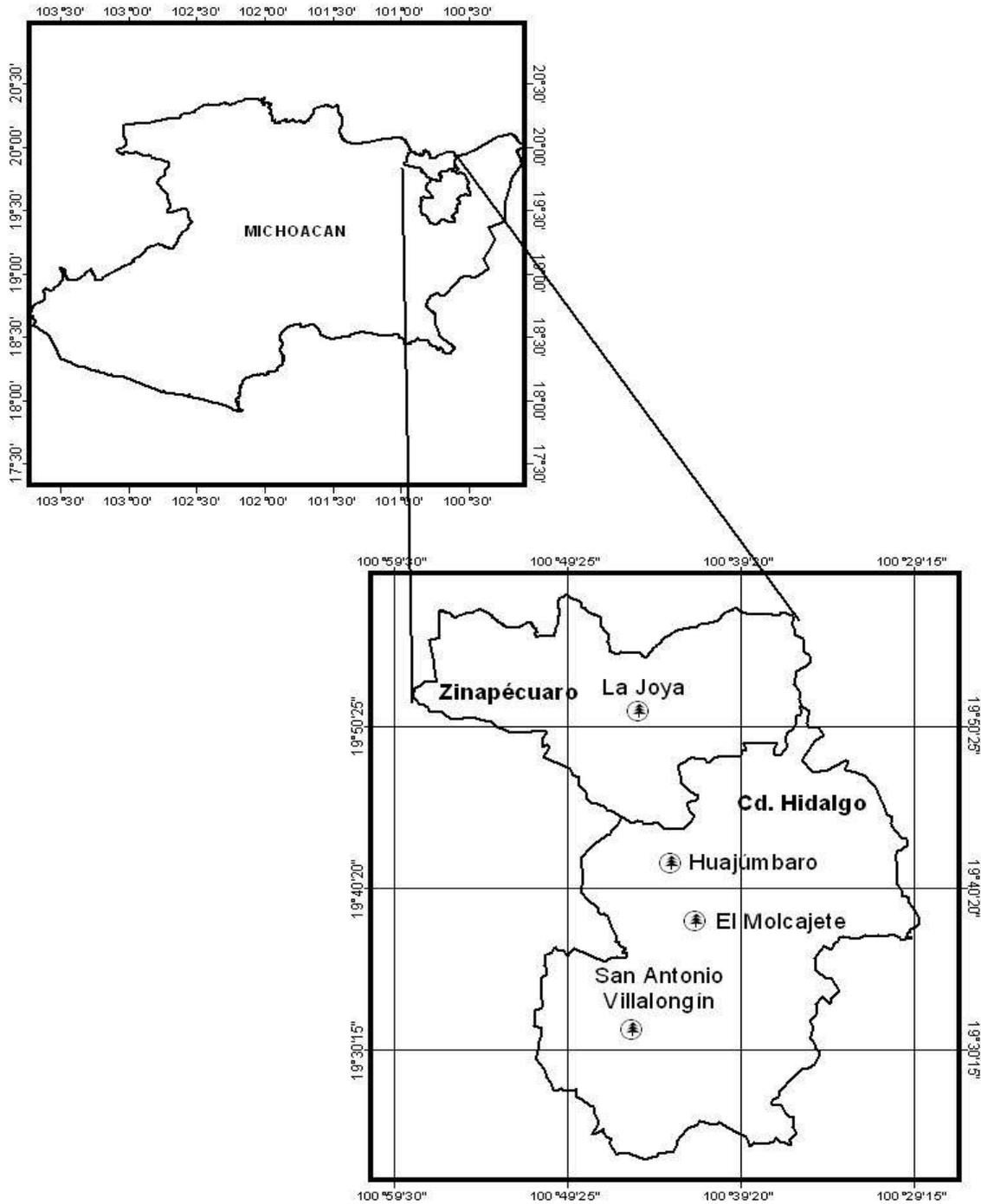


Figura 1. Ubicación geográfica de las cuatro localidades para la densidad de la madera de *Pinus herrerae* en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

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	n	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)
*La Joya	4	19°50' 25" - 19° 52' 27"	100° 45' 08" - 100° 45' 20"	2380 - 2300
**Huajúmbaro	5	19° 42' 12" - 19° 41' 42"	100° 43' 13" - 100° 43' 30"	2380 - 2400
**El Molcajete	7	19° 38' 22" - 19° 38' 14"	100° 43' 13" - 100° 42' 48"	2540 - 2550
**San Antonio Villalongín	11	19° 30' 35" - 19° 32' 30"	100° 46' 20" - 100° 45' 56"	2100 - 2160

Fuente: (INEGI, 2000).

n = Número de árboles colectados por cada predio dentro de las localidades; * = Localidades que corresponden al municipio de Zinapécuaro; ** = Localidades que corresponden al municipio de Cd. Hidalgo.

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).

El área de estudio se encuentra en dos regiones hidrológicas (RH), la RH18 correspondiente a la Cuenca del Río Balsas y la región RH12 Sistema Fluvial Lerma Santiago. La mayor parte del área de estudio se encuentra 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).

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

Localidad (nombre)	Temperatura			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
Pucuato	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.

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

La vegetación arbórea presente 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. leiophylla* 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 la conforman 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 sessiliflra* H. B. K. El estrato herbáceo lo constituyen 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 el apoyo de carta topográfica de escala 1:50,000 se ubicaron las cuatro localidades de *Pinus herrerae* en su área de distribución 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 de árboles en las cuatro localidades varió de cuatro a 11 árboles con un total de 27 árboles (Cuadro 1).

Para llevar a cabo la colecta de muestras, con anterioridad 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.

2.3 Trabajo en laboratorio

Es necesario comparar que los pesos específicos se haga únicamente entre maderas que tengan el mismo grado de humedad (Kollmann, 1959; Vignote y Jiménez, 2000), para esto se ha establecido, como puntos de comparación, los valores fijos de 0 % y 12 % del contenido de humedad. Para este trabajo se considero el 0 % de humedad que corresponde al estado de desecación en estufa o anhidro presentando ventajas de poder reproducir siempre con valor constante y no

se consideró el 12 % de humedad porque correspondía a peso seco de la madera al aire libre.

Para determinar la densidad de la madera, en el laboratorio se empleó el método de Máximo Contenido de Humedad (Smith, 1954), para lo cual fue necesario determinar el peso saturado y el peso anhidro de cada muestra. Antes de eso, las rodajas permanecieron temporalmente en el laboratorio, para su posterior lijado, medición, seccionado y marcado de las muestras.

Para fines prácticos, en cada rodaja se le cortó una faja de madera dejando con un ancho de 6 cm, de forma tal que, facilitó el lijado, marcado y seccionado para cada muestra de madera.

Las muestras de madera se identificaron con un código o clave, que se denominó sección A y sección B, considerando la médula como la parte divisoria entre las secciones de la muestra. A su vez, cada sección de la muestra, se subseccionaron en muestras pequeñas de cada 10 anillos de crecimiento, empezando de la médula hacia a fuera, es decir, de madera juvenil a madera tardía (Figura 2).

Por otra parte, en este estudio, se eliminaron 75 secciones de 397 que correspondían a muestras resinadas, deformadas y las que presentan nudos, esto con el fin de evitar una sobreestimación en los valores de la densidad de la madera.

Para la determinación del peso saturado de las muestras de madera, se procedió a sumergir las muestras de madera en agua durante ocho meses hasta alcanzar su punto máximo de saturación de agua. Donde se monitoreó continuamente muestras representativas de la madera con el apoyo de una balanza analítica tipo AND HR – 200 con capacidad máxima de 210 g. Entendiendo como peso constante cuando dos pesadas consecutivas de las mismas muestras en fechas diferentes tuvieron el mismo valor.

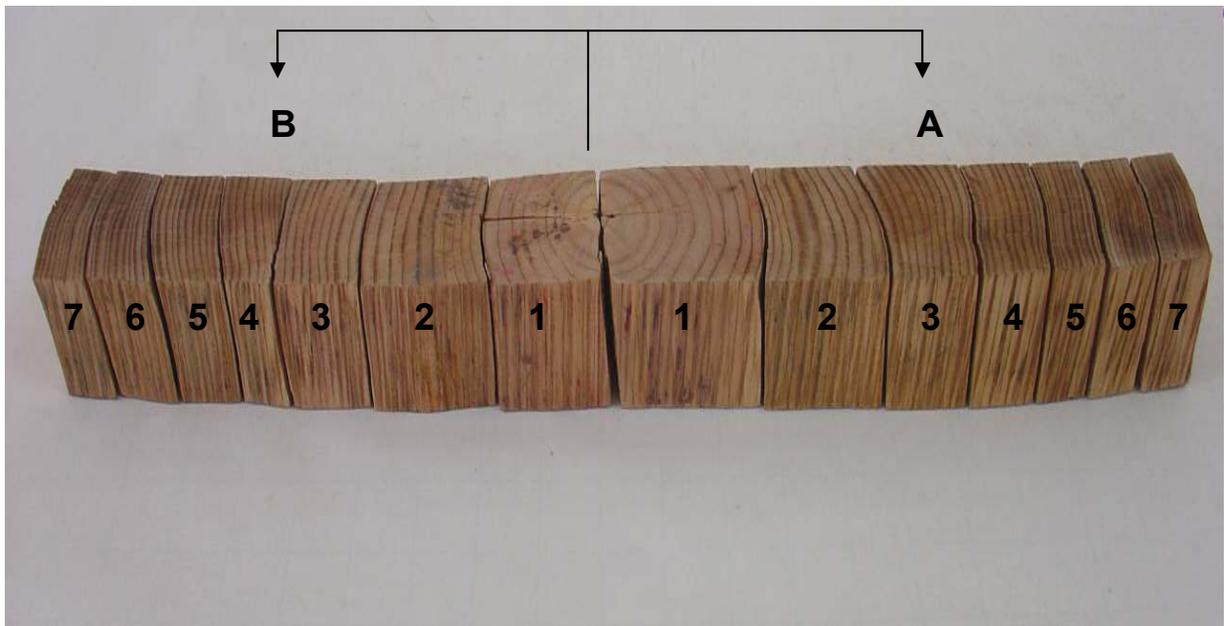


Figura 2. Marcado y seccionado de las muestras de madera empleadas en este estudio.

Después de tener un resultado previo de saturación de la madera, se pesaron todas las muestras de madera mediante la balanza analítica indicada, con una precisión de 0.0001 gramos.

Después de saturarse la muestras y de pesado, se colocaron en una estufa de secado tipo Bluem modelo SW 17TA con rango de temperatura de 40 - 200 °C. Las muestras de madera permanecieron durante 72 horas a una temperatura de 90 – 105 °C hasta secarse completamente, por lo tanto, se procedió a un monitoreo continuo para verificar peso constante y el proceso de pesado de muestras fue igual que el apartado anterior.

Una vez que estuvieron completamente secas todas las muestras de madera se pesaron utilizando la misma balanza analítica empleada para obtener peso saturado. Previo a esto, se colocaron durante diez minutos en un desecador o campana de secado, esto es con la finalidad de enfriarla un poco.

Finalmente, cuando ya se contaban con los datos del peso saturado y el peso anhidro de cada sección de la madera se procedió a hacer los cálculos de la densidad de la madera empleando la ecuación del método de máximo contenido de humedad (Smith, 1954) que enseguida se presenta:

$$DM = \frac{1}{\frac{Ps - Po}{Po} + \frac{1}{1.53}}$$

Donde:

DM = Densidad de la madera (g cm^{-3})

Ps = Peso saturado (g)

Po = Peso anhidro (g)

1.53 = Constante (gravedad específica de la madera sólida)

2.4 Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron en el laboratorio, fueron procesados mediante el uso del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), en donde se capturaron todos los datos de peso saturado (húmedo) y peso seco (anhidro) y posteriormente se realizaron programas una y varias veces para conocer la variación, con eso se determinaron los valores de la densidad de la madera entre secciones para cada muestra, entre árboles y entre localidades de *Pinus herrerae* de población natural de la región de Ciudad Hidalgo, Mich., empleando Método de Máximo Contenido de Humedad. La información fue analizada a través de un análisis de varianza, adaptando el siguiente modelo lineal (Infante y Zárate, 1990):

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + A_{j(L_i)} + SECK_{k(j L_i)} + \varepsilon_{ijkl}$$

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

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, 11$ (Número máximo de árboles por localidad)

$k = 1, 2, 3, 4, \dots, 12$ (Número máximo de secciones por árbol)

Donde:

μ = efecto de la media general

L_i = efecto de la i -ésima localidad

$A_{j(L_i)}$ = efecto del j -ésimo del árbol dentro de la i -ésima localidad

$SECK_{(A_j L_i)}$ = Efecto del k -ésima sección en el j -ésimo del árbol dentro de la i -ésima localidad

E_{ijkl} = efecto de la i -ésima repetición (error aleatorio) en la k -ésima sección en el j -ésimo árbol, de la i -ésima localidad.

Obteniendo así los componentes de varianza, que muestran el efecto de cada localidad, efecto del árbol dentro de la localidad, efectos de las secciones dentro de todos los árboles de todas las localidades y los componentes de los cuadrados medios esperados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Componentes de los cuadrados medios esperados para la densidad de la madera.

F.V.	g.l.	CM	Componentes de los CME
Loc	L-1	CML	$\sigma^2 e + k \sigma^2 \text{Sec} (\text{Arb} (\text{Loc})) + k_1 \sigma^2 + k_2 \sigma^2 \text{Loc}$
Arb (Loc)	L A-1	CMA	$\sigma^2 e + k \sigma^2 \text{Sec} (\text{Arb} (\text{Loc})) + k_1 \sigma^2$
Sec (Arb)	L S A (ns-1)	CMS	$\sigma^2 e + k \sigma^2 \text{Sec} (\text{Arb} (\text{Loc}))$
Error	$\Sigma(nm-1)$	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; CMS = Cuadrados medios de las secciones dentro de árbol; ns = Número de secciones dentro de los árboles dentro de las localidades; nm = Número de muestras dentro de árboles dentro de las localidades; $\sigma^2 e$ = Varianza del error; $\sigma^2 \text{Sec} (\text{Arb} (\text{Loc}))$ = Varianza de secciones de los árboles dentro de las localidades; $\sigma^2 \text{Loc}$ = Varianza de las localidades; k = Constante de ajuste media armónica del número de secciones de los árboles dentro de las localidades; k_1 = Constante de ajuste media armónica de árboles dentro de las localidades; k_2 = Constante de ajuste media armónica del número de muestras (total de secciones).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Medidas de tendencia central y de dispersión

El valor promedio de la densidad de la madera de todos los individuos de las cuatro localidades fue de 0.517 g cm^{-3} , presentando un error estándar de 0.004 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medidas de tendencia central y de dispersión para la densidad de la madera de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Variable	n	Valor (g cm^{-3})			Desviación Estándar	Error estándar	C. V. (%)
		Media	Mínimo	Máximo			
DM	322	0.517	0.331	0.749	0.067	0.004	12.893

n = Número de observaciones (secciones de 10 anillos de crecimiento); C. V. (%) = Coeficiente de variación en porcentaje; DM = Densidad de la madera.

Es ampliamente conocido las diferencias entre especies para la densidad de la madera, no sólo entre latifoliadas y coníferas, incluso dentro de las mismas coníferas y aún incluso dentro del mismo género (Zobel y Van Buijtenen, 1989). Así por ejemplo, *P. strobus* var. *chiapensis* con 0.35 g cm^{-3} (Yáñez y Caballero, 1991) que corresponde a una madera liviana, mientras hay maderas clasificadas como maderas moderadamente pesadas como *Pseudotsuga* del norte de México se reporta un valor de 0.485 g cm^{-3} (Zúñiga, 1998). Otras especies del género *Pinus* que tienen esta misma clasificación son *P. greggii* con 0.47 g cm^{-3} (López y Valencia, 2001) y *P. arizonica* con 0.42 g cm^{-3} (Arroyo, 2001), entre otras.

El valor promedio obtenido del presente estudio (0.517 g cm^{-3}) es superior al obtenido para árboles maduros de la misma especie de la región de El Salto, Dgo., donde se reporta un valor de 0.471 g cm^{-3} (Calixto, 1996) y que se clasifica como

madera de densidad moderada, mientras que con el valor obtenido en este trabajo permite ubicar como madera pesada con base a la clasificación del peso específico (Herrera y Bocanegra, 1996; Echenique y Díaz, 1972).

En la región de El Salto, Dgo., los árboles crecen más rápido que en la región de Cd. Hidalgo, Mich., (Mares *et al.*, 2004; Corral y Návar, 2005). En especies como *P. patula* en plantaciones juveniles se ha reportado que existe una ligera correlación negativa entre la velocidad de crecimiento y la densidad de la madera (Valencia y Vargas, 2001). Sin embargo, no siempre es así, como lo han señalado Zobel y Van Buijtenen (1989) por lo que, las diferencias entre las tasas de crecimiento podrían ser una probable explicación, o bien las diferencias entre el efecto geográfico, como se ha encontrado para diversas especies, por ejemplo *P. pseudostrobus* var. *chiapensis* (Yáñez y Caballero, 1991), *P. teocote* (Monarrez, 2004) *P. estevezii* (López, 2004), entre otros.

De acuerdo al valor promedio estimado de 0.517 g cm^{-3} de la densidad de la madera así como del error estándar, significa que el valor de la media poblacional se encuentra entre 0.513 y 0.521, (Echenique y Díaz, 1972; Herrera y Bocanegra, 1996). Por lo tanto, *P. herrerae* puede utilizarse comercialmente como madera para construcción, aserrío, cajas de empaque, pulpa para papel, postes telegráficos, chapado, pisos de duela y parquet, tarimas, muebles rústicos, caballetes, restiradores, escritorios, estantería, cabos y mangos para herramientas (Amezcuca y Ángeles, 2003; Dvorak *et al.*, 2000).

Aunque el valor de 0.58 g cm^{-3} no es recomendable usar para industria de la pulpa y papel, tampoco para aserrío, ni para la elaboración de muebles (Vaca, 1992), probablemente se deba a que la madera de *P. cembroides* es resinosa y el fuste es pequeño, por lo que obtendría madera aserrada de cortas dimensiones y en general la madera de dicha especie se usa principalmente como combustible.

La densidad de la madera es una característica de poca variación en comparación con características dendrométricas del arbolado, como puede ser diámetro normal o volumen (Valencia y Vargas, 2001), así por ejemplo, en diversos estudios el coeficiente de variación va de 6.9 a 15.87 %, excepto Vaca (1992) que reporta 42.84 %, mientras que características como el diámetro normal presenta coeficientes de variación de 6.6 % y el volumen de 16.9 % en heredabilidad (Valencia *et al.*, 1996).

Para hacer una mejor comparación de la variación entre diversos estudios, el error estándar es el mejor estadístico, ya que incorpora el valor de desviación estándar y el número de muestras. Para el presente estudio se tuvo un error estándar de 0.004 igual a la densidad de la madera dentro de árboles en *P. rudis* (López A., 1997); superior al valor de 0.001 obtenido en *P. teocote* que se consideró alturas de corte y clases de edad (Trujillo, 1999) y en *P. estevezii* que consideró poblaciones, árboles y alturas (López, 2004); pero inferior al 0.020 obtenido en *P. arizonica* a nivel de regiones, sitios y árboles (Arroyo, 2001) y en *P. montezumae* (Gutiérrez, 2007) que se consideró únicamente árboles y alturas; al valor de 0.027 en *P. engelmannii* a nivel de regiones, sitios y árboles (Tzab, 2002); a los valores de 0.042 y 0.046 en *P. greggii* a nivel de poblaciones, árboles, y secciones de madera juvenil, zona de transición y madera madura (López y Valencia, 2001); y al obtenido en *P. cembroides* donde se consideró árboles, alturas y secciones (Vaca, 1992), respectivamente.

3.2 Análisis de varianza y análisis de componentes de varianza

El análisis de varianza muestra que hubo efectos altamente significativos para el efecto de localidades y para el efecto de árboles dentro de localidades ($P > 0.001$), pero no hubo efecto de secciones dentro de árboles ($P > 0.16$) (Apéndice 1). De esta forma se rechazan dos de las tres hipótesis nulas planteadas, esto significa que existen diferencias entre localidades y entre árboles, pero no entre secciones.

Existen diversos estudios donde se han considerado como fuentes de variación localidades y árboles, en los cuales se ha encontrado diferencias para ambas fuentes de variación (Yáñez y Caballero, 1991; López y Valencia, 2001). En otros estudios se han considerado como fuentes de variación árboles, alturas de corte y clases de edad o secciones, en los cuales también se han encontrado diferencias para dichas fuentes de variación (López A., 1997; Trujillo, 1999; Gutiérrez, 2007).

En este caso, es posible que el no encontrar diferencias entre secciones se deba a que sólo se emplearon muestras de una rodaja por árbol, es decir, una sola altura de corte dentro del árbol, mientras que en los estudios donde se han encontrado diferencias han utilizado muestras de varias rodajas de diferentes alturas del árbol, tal como los estudios realizados en *P. rudis* (López A., 1997), *P. teocote* (Trujillo, 1999) y *P. estevezii* (López, 2004).

Aún cuando en el análisis de varianza no se encontraron diferencias entre secciones, en el análisis de componentes de varianza, contribuye más las diferencias entre árboles (27.5 %), seguido de las diferencias entre secciones (7.0 %) y en menor proporción las diferencias entre localidades (0.4 %) (Cuadro 5).

En trabajos donde se ha estudiado el efecto de poblaciones y árboles, se ha encontrado que las diferencias entre árboles contribuyen más a la variación total que las diferencias entre poblaciones, tal como los reportados para *P. strobus* var. *chiapensis* (Yáñez y Caballero, 1991), *Pseudotsuga* (Zúñiga, 1998), *P. greggii* (López y Valencia, 2001) y *P. estevezii* (López, 2004), entre otros. También al estudiar como fuentes de variación regiones, sitios y árboles, se encontró que las diferencias entre árboles contribuyen más a la variación total, como lo reportado para *P. arizonica* (Arroyo, 2001) y *P. engelmannii* (Tzab, 2002) (Apéndice 3).

Cuadro 5. Análisis de componentes de varianza de la densidad de la madera dentro de las cuatro localidades de distribución natural de *Pinus herrerae* Mtz. en la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

F.V.	g.l.	CM	Componentes de los CME	C. V. E.	C. V. E. %
Loc	3	0.022**	$\sigma^2 e + 1.838 \sigma^2 \text{Sec (Arb (Loc))} + 13.457 \sigma^2 + 78.213 \sigma^2 \text{Loc}$	0.0000185	0.41
Arb	23	0.018**	$\sigma^2 e + 1.735 \sigma^2 \text{Sec (Arb (Loc))} + 11.674 \sigma^2$	0.0012383	27.54
Sec Arb(Loc)	164	0.003 ^{ns}	$\sigma^2 e + 1.675 \sigma^2 \text{Sec (Arb (Loc))}$	0.0003169	7.04
Error	131	0.003	$\sigma^2 e$	0.0029224	64.99

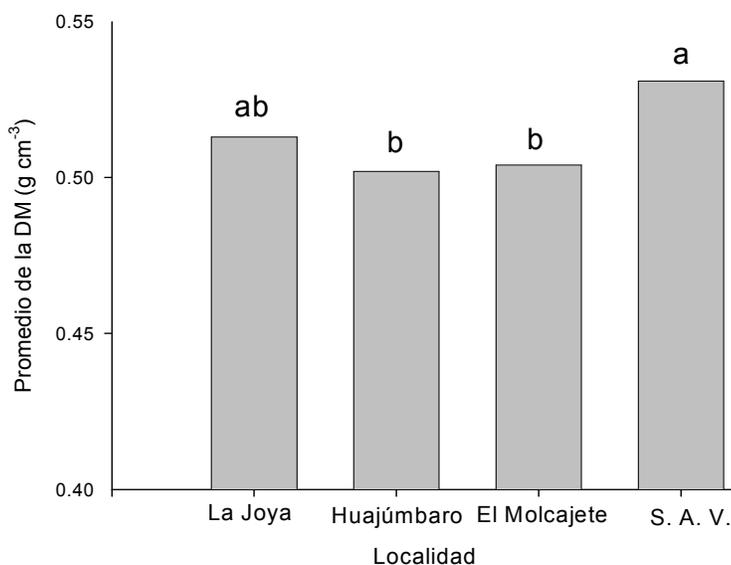
F.V. = Fuente de variación; g.l.= Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; C.V.E. = Componente de varianza estimado; C.V. % = Componente de varianza estimado en porcentaje; CME = Cuadrados medios esperados; Loc = Localidad; Arb = Árbol; Sec Arb(Loc) = Secciones de los árboles dentro de las localidades; $\sigma^2 e$ = Varianza del error; $\sigma^2 \text{Sec (Arb (Loc))}$ = Varianza de secciones de los árboles dentro de las localidades, $\sigma^2 \text{Loc}$ = Varianza de las localidades; ** = Altamente significativa; ns = No significativo.

Los efectos de la variación a nivel de localidad es causada por efecto de adaptación por las condiciones del ambiente natural donde crecen los árboles, mientras que la variación entre árboles se debe principalmente a factores hereditarios (Zobel y Talbert, 1988), lo que significa que la densidad de la madera tiene un fuerte control genético a nivel individual, y poco o nulo efecto genético a nivel de procedencias, tal como se ha reportado para diversas especies a nivel mundial (Zobel y Van Buijtenen, 1989). En México, se ha reportado para la densidad de la madera de *P. patula* valores de heredabilidad a nivel individual de 0.25 y a nivel de familia de 0.64 g cm^{-3} (Valencia *et al.*, 1996). Por lo tanto, los resultados muestran que para un programa de mejoramiento genético con esta especie, donde se incluya a la densidad de la madera, existe una alta posibilidad de realizar una selección entre individuos y muy baja entre localidades.

3.3 Variación de la densidad de la madera de *Pinus herrerae* entre las cuatro localidades en la región de Cd. Hidalgo, Mich.

En el presenta trabajo se encontró que la densidad de la madera fue diferente entre localidades, donde San Antonio Villalongín presentó el mayor valor (0.535 g cm^{-3}) y fue estadísticamente diferente de Huajúmbaro (0.499 g cm^{-3}) y El Molcajete (0.507 g cm^{-3}) (Figura 3; Apéndice 2).

Comparado con otros estudios similares, en el presente trabajo se presentó muy poca la diferencia entre los valores de las localidades, ya sea al expresarse como componente de variación (%) que en este caso fue de 0.4 % o la diferencia entre las medias de la localidades con mayor y con menor valor (alrededor del 7 %). En otros estudios se han encontrado para el efecto de localidades desde un componente de variación de 9 % (Zúñiga, 1998), 13 % (López y Valencia, 2001), 3.5 % (Monarrez, 2004); hasta 18 % (López, 2004). En todos estos trabajos se estudió un mayor número de localidades, desde nueve (Zúñiga, 1998) hasta 23 (López, 2004), y se cubrió una más amplia distribución de la especie bajo el respectivo estudio.



Las localidades con las mismas letras son estadísticamente iguales al $\alpha = 0.05$

Figura 3. Prueba de Tukey para separación de medias de la densidad de la madera de *Pinus herrerae* Mtz. entre las cuatro localidades en la región de Cd. Hidalgo, Mich.; S.A.V. = San Antonio Villalongín.

Lo anterior lleva a pensar que es posible encontrar mayores diferencias entre localidades, siempre que la especie tenga una amplia distribución (Zobel y Talbert, 1988) y lógicamente se realice un muestreo en toda o la mayor parte de la distribución de la especie. Pero además de esta variable, se han estudiado también la variación en otras variables como largo y ancho de cono, número de escamas, longitud de la bráctea, largo y ancho de la hoja, número de estomas, entre otras (Santos, 1998).

Con tan pocas diferencias en la densidad de la madera de *P. herrerae* entre estas cuatro localidades, no es aconsejable usar una localidad y eliminar alguna de ellas, porque además estas diferencias pueden deberse a efectos ambientales y no a control genético (Zobel y van Buijtenen, 1989).

3.4 Variación de la densidad de madera entre árboles dentro de las cuatro localidades de la región de Cd. Hidalgo, Mich.

La mayor contribución a la variación total fue debido a las diferencias entre árboles (27.54 %) (Cuadro 5). Al estimar el error estándar dentro de cada localidad, usando la densidad de la madera promedio de cada árbol, se tienen valores desde 0.010 hasta 0.017 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variación de la densidad de la madera entre árboles dentro de cada localidad de *Pinus herrerae* Mtz. en la región Ciudad Hidalgo, Mich.

Localidad	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Error estándar	C. V. (%)
La Joya	4	0.513	0.461	0.534	0.035	0.017	6.750
Huajúmbaro	5	0.502	0.466	0.531	0.023	0.010	4.671
EL Molcajete	7	0.504	0.480	0.570	0.032	0.012	6.403
San Antonio Villalongín	11	0.531	0.464	0.619	0.047	0.014	8.863

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

De acuerdo con lo anterior, significa que para un programa de mejoramiento genético con esta especie, donde se incluya la densidad de la madera, como una característica a mejorar, las mayores oportunidades de selección se presentan al momento de realizar la selección entre árboles de las cuatro localidades. Así por ejemplo, en La Joya aún con sólo cuatro árboles muestreados, se presentaron valores a nivel de árbol desde 0.461 hasta 0.534 g cm⁻³, algo parecido se presenta en las otras tres localidades (Cuadro 6).

De acuerdo al error estándar y coeficiente de variación obtenidos en los diferentes números de árboles en cada localidad, se tiene que sí existen diferencias entre árboles dentro de cada localidad; así como están señaladas en *P. strobus* var. *chiapensis* (Yáñez y Caballero, 1991), en *P. greggii* (López y Valencia, 2001) y *Pinus*

teocote (Monarrez, 2004), siendo en este trabajo La Joya y San Antonio Villalongín donde se presentan mayor variación entre árboles respecto a los otros árboles de las otras dos localidades.

Los valores promedios de la densidad de la madera de *P. herrerae* entre árboles dentro de las localidades indican que los usos que pueden tener son las mismas que los mencionados anteriormente.

3.5 Variación de la densidad de la madera entre secciones de la madera de las cuatro localidades de la región de Cd. Hidalgo, Mich.

Los valores promedio de densidad de la madera entre secciones varían desde 0.49 g cm⁻³ en la sección 1 hasta 0.57 g cm⁻³ en la sección 10 (Figura 4), sin que existan diferencias estadísticas entre ellas (Cuadro 5).

Este resultado difiere al patrón reportado en otros trabajos, donde se señala que si existen diferencias estadísticas en la densidad de la madera, en el eje transversal del árbol (Zobel y Talbert, 1988). Por ejemplo, en *P. greggii* del norte de México, se encontró que la madera madura presentó mayor densidad que la madera juvenil, usando muestras obtenidas con taladro de Pressler a la altura del pecho (López L., 1997). También en *P. rudis* de la Sierra de Arteaga, Coah., la densidad de la madera aumenta de la médula hacia la corteza (López A., 1997), y de manera semejante se presenta la misma tendencia en *P. teocote* en Montemorelos, N. L. (Trujillo, 1999).

El hecho de no encontrar diferencias estadísticas entre secciones, se debe probablemente a alto valor del error estándar dentro de cada sección (Figura 4). Se podría pensar que el haber usado una sola altura de corte influya en el resultado, sin embargo, en el trabajo de *P. greggii* señalado anteriormente sí se encontraron diferencias (López L., 1997). Otra probable causa pudiera ser que para el presente estudio se usaron árboles resinados y no resinados, sin separar unos de otros, de

modo que de existir efecto en el crecimiento en diámetro por causas de la resinación, también pudiera haber efecto en la densidad de la madera y con ello no obtener la tendencia esperada que marca la literatura.

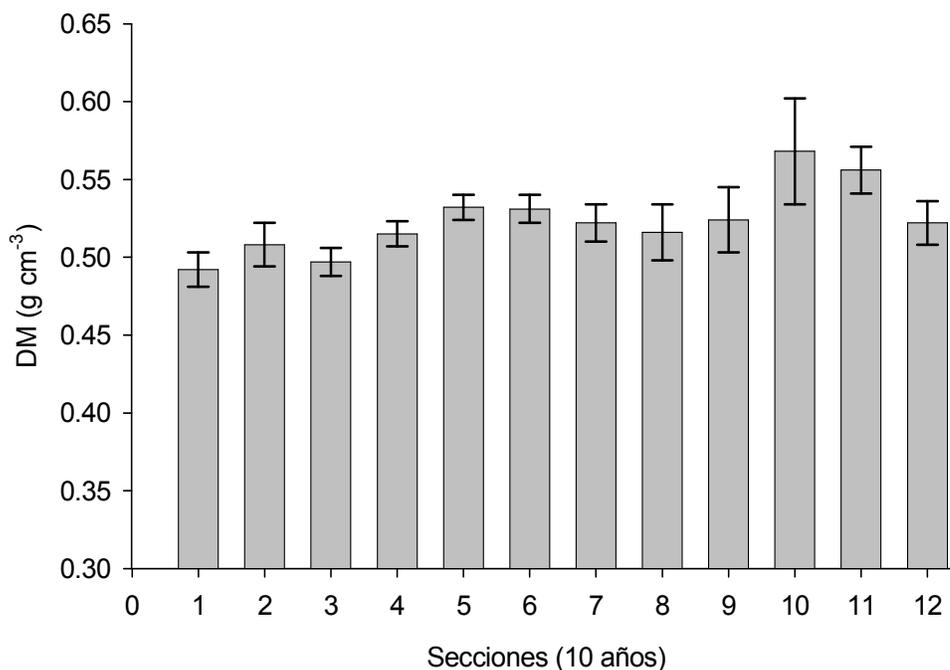


Figura 4. Variación promedio de la densidad de la madera de *Pinus herrerae* Mtz. entre secciones de madera de diez años de crecimiento dentro de las cuatro localidades de la región de Ciudad Hidalgo, Mich.

Es importante señalar que las últimas tres secciones se salen del patrón general, ello debido a que provienen de La Joya y San Antonio Villalongín, que son las dos localidades que presentan mayor densidad de la madera (Figura 3), y sólo de uno o dos árboles en cada una de ellas, que fueron los árboles con mayor densidad de la madera. Por lo mismo, se debe tener presente que dichas secciones tienen poca cantidad de muestras (2 a 7) mientras que en las primeras ocho secciones el número de muestras está entre 21 y 40, y en la sección 9 se tiene 12 muestras.

4 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la variación de la densidad de la madera de *Pinus herrerari* de la región de Cd. Hidalgo, Mich., se concluye lo siguiente:

Existen diferencias de la densidad de la madera entre localidades, entre árboles dentro de las localidades, pero no entre secciones.

Las diferencias entre árboles contribuyen más que las diferencias entre localidades, a la variación de la densidad de la madera.

La mayor variación de la densidad de la madera, se debe más a diferencias entre árboles que a diferencias entre localidades de distribución natural.

En la localidad de San Antonio Villalongín se obtuvo mayor densidad de la madera de *Pinus herrerari* que en Huajúmbaro y El Molcajete.

Para un programa de mejoramiento es posible la selección de árboles en función de la densidad de la madera de *Pinus herrerari* de distribución natural en la región Ciudad Hidalgo, Mich.

5 RECOMENDACIONES

Es necesario hacer otro estudio de la densidad de la madera ya sea para la misma especie u otra de la misma distribución natural en la región de Ciudad Hidalgo, Mich., pero que se colecten suficientes e igual número de árboles en cada una de las cuatro localidades, con el propósito de comparar los resultados obtenidos en este trabajo.

Para fines prácticos, se recomienda el empleo del taladro Pressler y emplear el método de empírico para obtener resultados a menor tiempo.

Para fines de programa de mejoramiento genético forestal se recomienda evaluar la variación y la heredabilidad presente entre árboles, a través de ensayos de procedencias, para distinguir los efectos genéticos de los efectos ambientales.

Para fines de comprobación de la densidad de la madera se recomienda evaluar la variación de la densidad de la madera separando árboles resinados de los no resinados.

6 LITERATURA CITADA

Amezcuca C., S y L. J. Ángeles. 2003. Las coníferas de Michoacán. Boletín Técnico. No. 4 Vol. 1. Comisión Forestal del Estatal de Michoacán, Morelia, Michoacán, México. 67 p.

Arroyo P., M. 2001. Variación en la densidad de la madera de *Pinus arizonica* Engelm. de la Sierra Tarahumara, Chihuahua. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 56 p.

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.

Corral R., S. y J. J. Nívar C. 2005. Análisis del crecimiento de cinco pináceas de los bosques de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(1): 29 – 47.

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.

- Dvorak, W. S, J. E. Kietzka, T. K. Stanger, y M. Mapula. 2000. *Pinus herrerae*. In Conservation & Testing of Tropical & Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA. pp: 75 – 86.
- Echenique M., R. y V. Díaz G. 1972. Algunas características tecnológicas de la madera de 11 especies mexicanas. Boletín técnico. Núm. 27. INIF. México. 71 p.
- García, E. 1986. Apuntes de climatología. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 155 p.
- Griffiths A. J., F., F. H., Millar, D. T., Suzuki, R. C., Lewontin, y W. M., Gelbart, 2002. Genética. Séptima Ed. Editorial McGRAW-HILL – Interamericana de España, S. A. U. 860 p.
- Guries R., P., 1991. Genética forestal y mejoramiento de los árboles forestales. In: Young R. A. Introducción a las ciencias forestales. Editorial Noriega Limusa. México. 141 - 163 p.
- Gutiérrez H., N. A. 2007. Variación en la densidad de la madera en el perfil interno de árboles de *Pinus montezumae* Lamb. de Gerahuario, Michoacán. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Herrera. F., M., A. y Bocanegra O. S. 1996. Características físico – mecánicas de la Madera de 15 especies del municipio de Morelia. Ciencia y Tecnología de la madera. (10) 3 – 11.
- Hocker Jr., H. W. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor, S. A. México. 446 p.

- Ibarra G., R. 1999. Variación de dimensiones transversales de traqueidas de madera tardía dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl., en Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 68 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. Zárate de L. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. 2da edición, Editorial Trillas. México. 643 p.
- Kollmann. F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo primero. Editorial Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España. 673 p.
- Kubler H. 1991. Propiedades de la madera. *In*: Young A. R. Introducción a las ciencias forestales. Editorial Noriega Limusa. México. 471- 490 p.
- Ladrach, W. E. 1986. Control de las propiedades de la madera en plantaciones con especies exóticas. Informe de Investigación No. 106. Smurfit Cartón de Colombia, Investigación Forestal. Cali Colombia. 12 p.
- López M., A. 2004. Variación de la densidad de la madera en regeneración de *Pinus estevezii* (Mtz.) Perry de Nuevo León. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 52 p.

- López A., F. 1997. Variación de la densidad de la madera entre y dentro de árboles de *Pinus rudis* Endl. en Sierra de la Alazanas, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 55 p.
- López L. M. 1997. Variación en la densidad de la madera de *Pinus greggii* Engelm. en el norte de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 68 p.
- López L., M. y S. Valencia M. 2001. Variación de la densidad relativa de la madera de *Pinus greggii* Engelm. del norte de México. *Madera y Bosques* 7(1): 37 – 46.
- Maldonado C., R. 2004. Variación de la longitud de traqueidas de *Pinus teocote* Schl. et Cham. de la Sierra la Cebolla de Montemorelos, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 51 p.
- Mares A., O. 2003. Índice de sitio de *Pinus herrerae* en la región Cd. Hidalgo, Michoacán. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 85 p.
- Mares A., O., E. H. Cornejo O., y C. Flores L. 2004. Índice de sitio para *Pinus herrerae* Martínez en Cd. Hidalgo, Michoacán. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (1) 77 – 80.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda Edición. Ediciones Botas. México. 431 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.
- Monarrez V., J. T. 2004. Densidad de la madera en regeneración de *Pinus teocote* Schl. et Cham. del noreste de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 43 p.

- Notivol, E. L. A. Gil y J.A. Pardos. 1992. Una metodología para la estimación de la densidad de la madera de árboles en pie y su grado de variabilidad en *Pinus pinaster* Ait. Invest. Agrar. Sist. Rec. For. Vol 1(1): 41 - 47.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Ed. Limusa. México, D. F. 273 p.
- Reynosa P., A. 2006. Crecimiento y características de la copa de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 24 p.
- Rodríguez L., R. 1996. Variación morfológica en algunas poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 24 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.
- Sánchez C., H. 2000. Efecto de un aclareo, sobre propiedades de la madera e incremento en diámetro, de *Pinus rudis* Endl. en la Sierra de las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 97 p.
- Santos G., R. 1998. Variación morfológica y anatómica en hojas y conos de ocho localidades de *Pseudotsuga* del norte de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 60 p.
- SEMARNAP. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-012-RECNAT-1996. México. 5 p.
- SEMARNAP- UACH. 1999. Atlas Forestal de México. SEMARNAP. México. 101 p.

- Smith, D. M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small Wood sample. Forest Products Laboratory. Report 2014. Madison, Wi. 8 p.
- Tippens P., E., M. R. Garduño, R. y A. C. González, R. 2001. Física: concepto y aplicaciones. Sexta Ed. Editorial McGRAW-HILL. México. 943 p.
- Trujillo G., M. C. 1999. Variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* Schl. y Cham. en el ejido de la Trinidad, Montemorelos, N. L. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 44 p.
- Tzab C., J. A. 2002. Variación en densidad de la madera, proporción de madera tardía y crecimiento en diámetro de *Pinus engelmannii* Carr., de Chihuahua. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 60 p.
- 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 del peso específico de la madera y longitud de traqueidas dentro de árboles de *Pinus cembroides* Zucc. de la región de Santiago Papasquiaro, Durango. Tesis profesional. Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Valencia M., S. J. J. Vargas H., J. D. Molina G., y J. Jasso M. 1996. Control genético de la velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia* 30(2): 265 – 271.
- Valencia M., S. y J. J. Vargas H. 2001. Correlaciones genéticas y selección simultánea del crecimiento y densidad de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia* 35 (1): 109 – 120.

- Valencia M., S. y J. J. Vargas H. 1997. Método empírico para estimar la densidad de la madera. *Madera y Bosques* 3(1): 8 – 87.
- Vargas H., J. 1990. Genetic variation of Wood density components in coastal Douglas – Fir and their relationships to grow rhythm. Doctoral thesis. Oregon State University. Corvallis, Or. U.S. A. 123 p.
- Vignote, P. S. y F. J. Jiménez, P. 2000. Tecnología de la madera. Editorial Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Madrid, España. 673 p.
- Villanueva D., J., J. Cerano P., D. W. Stahle, M.D. Therrel, M. K. Cleaveland, I. Sánchez C. 2004. Elementos básicos de la dendrocronología y sus aplicaciones en México. Laboratorio de Dendrocronología. Folleto técnico Núm. 2. INIFAP. Durango. 35 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. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.
- Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation, its causes and control. Springer Verlag, Germany. 363 p.
- Zúñiga B., M. C. 1998. Variación de la densidad de la madera de *Pseudotsuga* entre árboles y entre localidades del norte de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 53 p.

7 APÉNDICE

Apéndice 1. Resultados del análisis de varianza de la densidad de la madera (DM) dentro de localidades de distribución natural de *Pinus herrerae* en la región Ciudad Hidalgo, Mich., Mex.

FV	g. l.	CM	Fc	Pr>F
Loc	3	0.0216	7.40**	0.0001
Arb	23	0.0179	6.13**	0.0001
Sec Arb(Loc)	164	0.0034	1.18 ^{ns}	0.1579
Error				

F.V. = Fuente de variación; g.l.= Grados de libertad; CM = Cuadrados medios; Fc = F Calculada; Loc = Localidad; Arb = Árbol; Sec Arb(Loc) = Secciones de los árboles dentro de las localidades; Pr>F = Probabilidad mayor de F; ** = Altamente significativa al $\alpha = 0.05$; ns = No significativo.

Apéndice 2. Prueba de Tukey para separación de medias para la densidad de la madera de *Pinus herrerae* entre cuatro localidades

Localidad	n	Promedios de la densidad de la madera (g cm ⁻³)	Agrupación de Tukey
La Joya	4	0.513	ab
Huajúmbaro	5	0.502	b
EL Molcajete	7	0.504	b
San Antonio Villalongín	11	0.531	a

n = Número de árboles; Valor utilizado de $\alpha = 0.05$.

Apéndice 3. Comparación de los componentes de variación estimados en otros estudios de diferentes especies del género *Pinus* y *Pseudotsuga*, considerando diferentes fuentes de variación.

Autor	Especie	Componentes de varianza (%)					
		Pob.	Reg.	Sitio	Árbol	HR	Secc.
Arroyo (2001)	<i>P. arizonica</i>		9.6	3.4	22.3		
Tzab (2002)	<i>P. engelmannii</i>		1.32	3.54	21.69		
Yáñez y Caballero (1991)	<i>P. strobus</i> var. <i>chiapensis</i>	5			30		
Zúñiga (1998)	<i>Pseudotsuga</i>	11.24			38.11		
López y Valencia (2001)	<i>P. greggii</i>	13			24		
Monarrez (2004)	<i>P. teocote</i>	3.5			27.8	37.9	
López (2004)	<i>P. estevezii</i>	8.764			14.719	60.759	
López (1997)	<i>P. rudis</i>				59.8	20.3	13.7
Trujillo (1999)	<i>P. arizonica</i>				2.54	37.26	34.42
Gutiérrez (2007)	<i>P. montezumae</i>				1.75	20.67	34.99

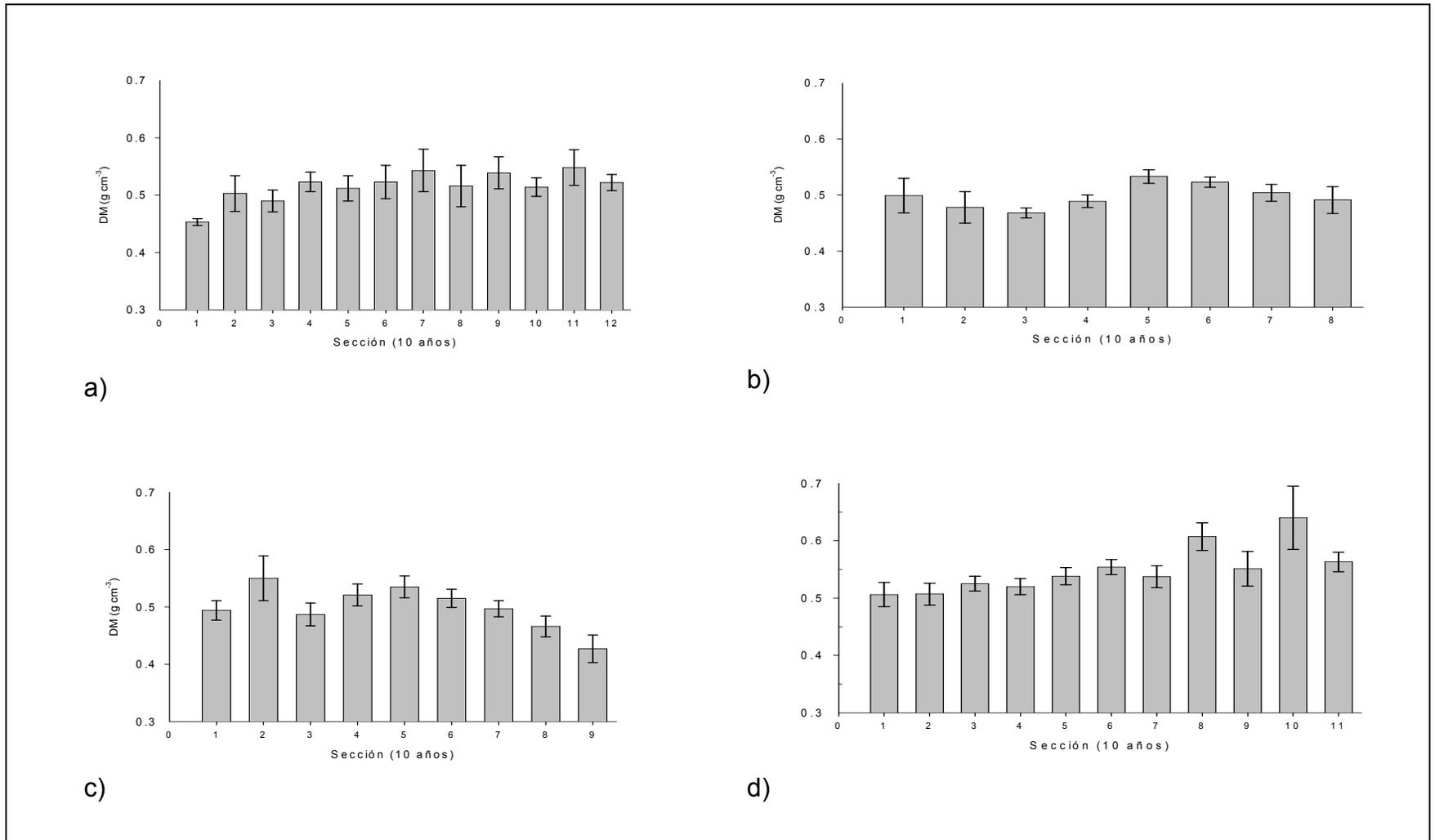
F. V. = Fuente de variación, Pob. = Población, Reg. = Región, HR = Alturas de corte de las rodajas, Secc. = Secciones de madera.

Apéndice 4. Variación de la densidad de la madera de *Pinus herrerae*, entre secciones de madera de diez años de crecimiento dentro de las cuatro localidades de la región Ciudad Hidalgo, Mich. Mex.

Sección	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Error estándar	C. V. (%)
1	40	0.492	0.389	0.724	0.071	0.011	14.383
2	36	0.508	0.393	0.705	0.082	0.014	16.250
3	35	0.497	0.331	0.624	0.054	0.009	10.798
4	42	0.515	0.438	0.668	0.053	0.008	10.223
5	43	0.532	0.418	0.681	0.055	0.008	10.334
6	43	0.531	0.376	0.651	0.058	0.009	10.874
7	37	0.522	0.367	0.702	0.071	0.012	13.579
8	21	0.516	0.387	0.683	0.081	0.018	15.757
9	12	0.524	0.422	0.673	0.073	0.021	13.982
10	7	0.568	0.489	0.750	0.090	0.034	15.857
11	4	0.556	0.517	0.580	0.030	0.015	5.408
12	2	0.522	0.508	0.536	0.020	0.014	3.820

n = Número de muestras de cada sección (secciones); C. V. = Coeficiente de variación expresado en (%).

Apéndice 5. Variación promedio de la densidad de la madera de *Pinus herrera* Mtz. entre secciones de madera de diez años de crecimiento dentro de cada localidad de la región de Cd. Hidalgo, Mich.



a) = La Joya, b) = Huajúbaro, c) = El Molcajete y d) = San Antonio Villalongín.