

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISION DE AGRONOMIA**



**Variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* Schl. y Cham., en  
el Ejido La Trinidad, Montemorelos, N. L.**

**Por**

**MARIA CONCEPCION TRUJILLO GARCIA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Forestal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Noviembre de 1999**

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de estimar la magnitud y el nivel de variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* Schl. y Cham, en el Ejido La Trinidad, Montemorelos, N.L., además de conocer el porcentaje de variabilidad atribuible a cada fuente considerada (tres fuentes de variación: diferencias entre árboles, diferencias entre alturas de rodaja y diferencias entre clases de edad).

Se utilizaron nueve árboles, los cuales fueron derribados, tomando en cuenta que presentaran características fenotípicas deseables, tales como libres de plagas y enfermedades, no bifurcados y no despuntados; los árboles seleccionados se cortaron en trozas de medidas comerciales a partir de 0.30 m de altura sobre el nivel del suelo, al principio de cada troza se extrajo una rodaja, de la cual se obtuvo una faja de madera de 1" de ancho, 2 cm de grosor y un largo igual al diámetro de las rodajas. Las fajas de madera con lados iguales a partir de la médula, se seccionaron cada ciclo de 10 años de crecimiento, contando del centro a la periferia del árbol. La densidad de la madera en cada muestra (clase de 10 años) se determinó mediante el método de máximo contenido de humedad, el análisis estadístico se realizó mediante un análisis completamente al azar con clasificación jerárquica.

Se obtuvo una densidad promedio para los nueve árboles analizados de 0.473 g/cm<sup>3</sup>; el valor promedio con más menos una desviación estándar tiene un valor de 0.438 y 0.502 g/cm<sup>3</sup>; el valor de la media poblacional se encuentra entre 0.469 y 0.477 g/cm<sup>3</sup> con un 99% de confiabilidad. Los resultados del análisis de varianza, mostraron diferencias estadísticamente significativas para las fuentes de variación, donde el 2.54% de la variación total se debió al efecto entre árboles; el mayor efecto de variación 37.26% se presentó entre alturas de rodaja dentro de árboles; el 34.42% entre clases de edad dentro de rodajas; y el 25.78% se debió al efecto del error. La densidad de la madera presenta un patrón de variación continuo donde disminuye de la base al ápice del árbol y aumenta de la médula hacia la periferia o corteza.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* Schl. y Cham. en  
el Ejido La Trinidad, Montemorelos., N.L.**

**Por**

**MARIA CONCEPCIÓN TRUJILLO GARCIA**

**TESIS**

**Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como un  
requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO FORESTAL**

**APROBADA**

---

**M.C. Salvador Valencia Manzo  
Presidente del Jurado**

---

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco  
Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Noviembre de 1999**

El presente estudio forma parte del proyecto de investigación:  
02.03.0906 de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio narro”,  
denominado “Estudio de la Variación en características de la madera  
en coníferas de la porción Norte de la Sierra Madre Oriental”

*Si amas a Dios.*

*Si a amas a Dios,  
en ninguna parte has de  
sentirte extranjero,  
porque El estará en todas  
las regiones, en lo más  
dulce de todos los paisajes  
en el límite indeciso de todos  
los horizontes.*

*Si amas a Dios,  
en ninguna parte estarás triste,  
porque a pesar de la tragedia,  
El llena de júbilo el Universo.*

*Si amas a Dios,  
no tendrás miedo de nada  
ni de nadie, porque nada  
puedes perder y todas las  
fuerzas del cosmos serían  
impotentes para  
quitarte tu heredad.*

*Si amas a Dios,  
ya tienes alta ocupación  
para todos los instantes,  
porque no habrá acto que  
no ejecutes en su nombre,  
ni el más humilde ni el más  
elevado.*

*Si amas a Dios,  
ya no querrás investigar  
los enigmas, porque lo llevas  
en El, que es la clave y  
resolución de todos.*

*Si amas a Dios,  
ya no podrás establecer con  
angustia una diferencia  
entre la vida y la muerte,  
porque en El estás y  
El permanece incólume  
a través de todos los cambios.*

*Amado Nervo.*

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	v
I INTRODUCCION .....	1
II OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	2
2.1 Objetivos .....	2
2.2 Hipotesis .....	2
III REVISION DE LITERATURA .....	3
3.1 <i>Pinus teocote</i> Schl. ....	3
3.1.1 Distribución y ecología .....	4
3.1.2 Importancia económica. ....	5
3.2 Densidad de la madera .....	5
3.2.1 Importancia de la densidad de la madera .....	6
3.2.2 Factores que determinan la densidad de la madera .....	7
3.2.3 Estimación de la densidad de la madera .....	9
3.3 Variación .....	10
3.3.1 Niveles de variación .....	12
3.4 Crecimiento .....	14
3.4.1 Anillos anuales .....	15

IV MATERIALES Y METODOS .....	17
4.1 Descripción del área de estudio .....	17
4.2 Trabajo de campo .....	18
4.3 Trabajo de laboratorio .....	19
4.3.1 Determinación de la densidad de la madera .....	21
4.4 Análisis estadístico .....	22
4.4.1 Método y procesamiento de análisis .....	23
V RESULTADOS Y DISCUSION .....	25
5.1 Medidas de tendencia central y dispersión de la densidad de la madera.....	25
5.2 Análisis de varianza y componentes de varianza .....	30
5.3 Variación de los ejes transversales y longitudinales del árbol .....	32
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
6.1 Conclusiones .....	42
6.2 Recomendaciones .....	43
VII LITERATURA CITADA .....	44

## I INTRODUCCION

El silvicultor o manejador del bosque, busca incrementar la productividad de los terrenos forestales, de tal manera que estos logren satisfacer la demanda de productos y servicios que se derivan de él. Por lo tanto debe tomar en cuenta en forma muy particular las características de los árboles (Hawley y Smith, 1982).

Los usos de la madera son muy variados y entre ellos se cuentan su empleo como combustible, fabricación de enseres, obtención de pulpa para papel y su aplicación en la industria de la construcción. Existe para cada producto un cierto tipo de madera que posee características óptimas de calidad, desde el punto de vista específico de sus usos; así la calidad de la madera varía según el uso final de cada material (Daniel *et al.*, 1982); por tal motivo es importante tener un entendimiento de las propiedades de la madera para evitar el error de cultivar árboles que no tienen uso para los productos deseados (Ladrach, 1986).

La madera del *Pinus teocote* presenta una gran cantidad de usos, además del aprovechamiento para la obtención de resina; la especie presenta un área de distribución natural amplia; sin embargo, los estudios que se han realizado sobre la misma son pocos.

Debido a que las propiedades de la madera siempre han sido importantes en la calidad de los productos elaborados, en el presente trabajo se determina la densidad de la madera de una especie de pino para una localidad en su área de distribución natural.



## II OBJETIVOS E HIPOTESIS

### 2.1 Objetivos

El objetivo general para el presente trabajo es estimar la magnitud y el nivel de variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* Schl. y Cham., en el Ejido La Trinidad, Montemorelos, N.L.

Los objetivos específicos son:

- a) Estimar el valor promedio de la densidad de la madera de *Pinus teocote* en Montemorelos, N.L.
- b) Estimar el nivel y la magnitud de la variación de la densidad de la madera entre árboles, entre diferentes alturas del fuste dentro de árboles y entre diferentes clases de edad de *Pinus teocote*.

### 2.2 Hipótesis

Las hipótesis nulas propuestas para este trabajo son:

- a) Ho: No existe variación de la densidad de la madera entre árboles de *Pinus teocote* .
- b) Ho: No existe variación de la densidad de la madera entre diferentes alturas del fuste, dentro de árboles de *Pinus teocote*.
- c) Ho: No existe variación en la densidad de la madera entre diferentes clases de edad en *Pinus teocote*.

### III REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 *Pinus teocote* Schl. y Cham.

Esta especie fue clasificada por Schlechtendal y Chamisso en 1830, manteniendo su designación original hasta el momento (Eguiluz, 1978). Debido a que este pino tiene una amplia zona de distribución presenta, por lo mismo, muchas variaciones, tanto en sus conos como en sus hojas (Martínez, 1948).

Martínez (1948) describe a esta especie como un árbol de tamaño pequeño a mediano, con una altura que varía de 8 a 25 metros, con ramas horizontales y ligeramente densas, formando una copa redondeada e irregular; corteza de color grisáceo, por fuera y algo naranja o amarillento por dentro, delgada al principio y después áspera y rugosa, dividida en grandes placas longitudinales; hojas en fascículos de 3, raramente 2 o 4, de 10-15 cm de longitud, rígidas, gruesas, anchas hasta cerca de 2 mm, de color verde brillante, comúnmente con tinte amarillento, estomas presentes en las 3 caras. Sus haces vasculares son dos, muy poco separados y bien distintos; sus canales resiníferos medios, en número de 2-7, raramente más. Las vainas son persistentes, de 5-8 mm de longitud, escamosas y de color castaño oscuro. Las yemas son cilíndricas, más o menos resinosas. Los conillos son subterminales; rara vez laterales, solitarios o agrupados, pedunculados, casi ovoides; conos ovoides u ovoide cónicos, rara vez subcilíndricos, de 4 a 7 cm, simétricos o casi simétricos, por lo común reflejados, en cortos pedúnculos que varían de 5 a 12 mm y en ocasiones subsésiles o sésiles, por lo general son pronto caedizos; de color moreno algo lustroso, a veces con tinte ocre o rojizo; se encuentran por pares, pero a veces solitarios o en grupos de 3 ó 4. Escamas pequeñas, de 15 a 20 mm de largo por 8 a 10 de ancho, con apófisis aplanadas o ligeramente protuberantes, con espinita corta comúnmente caediza; semilla negruzca, de unos 4 mm, con ala de unos 15 mm de largo por

5 mm de ancho, de color moreno; la madera es fuerte y de buena calidad y se usa para construcciones y como combustible; produce abundante trementina.

### 3.1.1 Distribución y ecología

El *Pinus teocote* presenta una amplia distribución dentro de México, extendiéndose a lo largo de la Sierra Madre Occidental y dentro de la Sierra Madre Oriental, al igual que en la Sierra Madre del Sur y Sierra Madre de Chiapas; incluso hasta el Oeste de Guatemala (Perry, 1991; Eguiluz, 1978; Rzedowski, 1978).

En México, la especie se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, México, Chiapas (Martínez, 1948), Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala, Veracruz (Russell, 1909), Puebla y Chihuahua (Perry, 1991).

Martínez (1948) y Eguiluz (1978) mencionan que el *Pinus teocote* se encuentra distribuido y crece de manera natural en altitudes que van desde los 1400 hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, Perry (1991) menciona que esta especie se distribuye y crece en un rango altitudinal que va de los 1000 a los 3000 metros sobre el nivel del mar.

El *Pinus teocote* forma bosques puros, sin embargo en la mayor parte de las áreas de su distribución se asocia con *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. rudis*, *P. chihuahuana*, *P. cembroides*, *P. engelmannii*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. lawsoni*, *P. lumholtzii*, *P. arizonica*, *P. lindleyi*, *P. pseudostrabus*, *P. michoacana*, al igual que con los géneros *Quercus*, *Arbutus* y *Juniperus* (Perry, 1991; Rzedowski, 1978).

Debido a que el *Pinus teocote* presenta una amplia distribución se tiene la dificultad para citar el medio ambiente característico, sin embargo se encuentra creciendo en laderas de piedras gravosas, sitios de fuerte drenaje y en sitios rocosos; se encuentra en clima semitropical, libre de heladas en meses de invierno, además de que sobrevive a bajas temperaturas y se distribuye en áreas que presentan un amplio rango de precipitación (Perry, 1991).

### 3.1.2 Importancia económica

La especie *Pinus teocote* tiene importancia económica, ésta madera que presenta es dura, fuerte y de buena calidad, ésta es usada como combustible, para construcción de muebles del hogar, además es utilizada para postes, aserrío, celulosa, papel, cajas de empaque, pilotes para minas, durmientes y construcciones; esta especie es una de las principales utilizadas para la extracción de resina en la cual se obtienen muy buenos resultados, de su trementina se obtienen estimulantes balsámicos medicinales; se recomienda ampliamente en reforestaciones comerciales y posiblemente tenga importancia como ornamental (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Romahn, 1992).

### 3.2 Densidad de la madera

La densidad de la madera es un término que se utiliza para expresar la relación entre el peso de la madera y su volumen (Zobel y Talbert, 1988). La densidad de la madera se estima con referencia a un peso anhidro o a un determinado contenido de humedad que puede ser entre 8-10% y un volumen de madera verde (Kollman, 1959).

El término peso específico es utilizado con mucha frecuencia, ya que nos indica la relación que existe entre la densidad de la madera y la densidad de una sustancia, generalmente la densidad de la sustancia de referencia es el agua, que se considera con una densidad de  $1 \text{ gr/cm}^3$ , de manera que al dividir

un valor de densidad de la madera entre la densidad del agua, se obtiene el mismo valor, pero sin unidades, esto en el sistema métrico decimal (Zobel y Talbert, 1988).

### 3.2.1 Importancia de la densidad de la madera

El peso específico de la madera o densidad de la madera es, con mucho, la característica de la madera más importante dentro de las especies para casi todos los productos. Además de que debido a su efecto sobre la calidad, el rendimiento y a su gran heredabilidad, el peso específico o densidad de la madera ha adquirido una gran importancia en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal, sin importar si el objetivo es producir fibras o productos sólidos de madera (Zobel y Talbert, 1988).

Kollmann (1959) señala que las características de resistencia de la madera en general, así como su poder calorífico, dependen efectivamente del peso específico; además de que es un dato siempre útil como referencia de su calidad. Hocker (1984) menciona que la densidad de la madera tiene suma importancia para el uso de la misma ya que no sólo afecta su fuerza, sino también la producción de celulosa y las calidades de maquinado. Así, una alta densidad es importante para elaborar tablas que sean duras y que resistan más a la pudrición (Ladrach y Gutiérrez, 1979). Así mismo, se ha observado que las maderas de mayor densidad resisten mejor al uso, prestándose para calidades que suponen una aplicación frecuente y resistencia a la abrasión (FAO, 1968).

Por otra parte, la densidad de la madera y las tasas de crecimiento, expresadas en términos de volumen, serán importantes para determinar las toneladas de madera, es decir, la cantidad sólida de madera, que una determinada hectárea pueda producir (Wright y Endo, 1993).

### 3.2.2 Factores que determinan la densidad de la madera

Dentro de los factores que determinan la densidad de la madera se puede mencionar los internos y los externos o ambientales.

#### a) Factores internos

Entre los principales factores internos que influyen en la densidad de la madera se pueden señalar, la edad del árbol, la parte del fuste del árbol, la cantidad de madera tardía, el tamaño de las células y el grosor de la pared celular (Zobel y Talbert, 1988).

Existe una considerable variación de la densidad de la madera dentro de cada árbol individual: primero, hay variación en cada anillo de crecimiento, ya que la madera tardía es dos o tres veces más densa que la madera temprana que presenta células de menor tamaño y con pared celular más gruesa (Daniel *et al.*, 1982; Zobel y Talbert, 1988); segundo, la gravedad específica varía según la altura en el árbol; en cualquier capa de madera existe una disminución de alrededor de 10% en gravedad específica entre la base y la porción superior; esto se debe a las diferencias entre las características de la madera juvenil y la madura; tercero, hay diferencias de gravedad específica entre la médula del árbol y su corteza, lo que se debe también a la transición entre las características de la madera juvenil y madura; por lo tanto se podría decir que los valores más bajos se encuentran cerca de la médula y en la parte superior del fuste y los más altos cerca de la corteza y en la base del árbol (Daniel *et al.*, 1982; Hocker, 1984; Kollmann, 1959; Zobel y Talbert, 1988).

De manera general, la densidad de la madera juvenil es menor y ésta se encuentra en el centro del árbol cubriendo los primeros 10 a 15 anillos de crecimiento anual; mientras que la madera madura tiene una mayor densidad, de manera que a medida que aumenta la edad disminuye la proporción de

madera juvenil y se incrementa la proporción de madera madura, aumentando la densidad de la madera en todo el árbol (Kollmann, 1959; Daniel *et al.*, 1982; Zobel y Talbert, 1988).

Zobel y Talbert (1988) mencionan que la densidad de la madera o peso específico no es una característica simple, sino un complejo de propiedades de la madera que incluyen el grosor de la pared celular, el tamaño celular, el porcentaje de madera de verano y otros factores.

#### b) Factores externos

Daniel *et al.* (1982) mencionan que por lo general el mayor porcentaje de madera tardía se asocia con las zonas de baja altitud, baja precipitación y humedad relativa y condiciones secas y cálidas.

Sin embargo, se han realizado diferentes estudios en los cuales se ha encontrado que no todas las especies presentan un patrón definido (Zobel y Talbert, 1988). En un estudio realizado por Ladrach (1984) para *Pinus patula* se encontró que la densidad de la madera se relaciona negativamente con la altitud.

Ladrach (1984) realizó un estudio en *Pinus patula*, en el cual indica que el volumen y la densidad de la madera se relacionan con la calidad de sitio, debido a que en el mejor sitio el crecimiento es mayor y la densidad de la madera tiende a disminuir. Por su parte Megraw encontró que las deficiencias de humedad causan variación en la densidad de la madera en *Pinus taeda* (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

En un estudio de *Pinus hartwegii* a lo largo del Eje Neovolcánico, Hernández P. (1985) encontró que el peso específico presenta un patrón de variación discontinuo, el cual no se encuentra bien definido, pero en general se aprecia que tiende a disminuir de Este a Oeste.

En *Pinus radiata*, Harris menciona que las variables significativas encontradas para la densidad de la madera en 37 sitios, los mayores efectos sobre la madera son debidos a la temperatura y deficiencia de fosforo (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

Para un estudio de la madera de diversas coníferas, Chávez (1945) reporta que la madera de mayor densidad y de óptimas condiciones mecánicas para el trabajo proviene de áreas de mayores alturas sobre el nivel del mar con iguales condiciones naturales y sin que rebasen su área de distribución natural.

### 3.2.3 Estimación de la densidad de la madera

Existen diversos métodos de estimación de la densidad de la madera entre los que se pueden señalar, el método empírico utilizado para muestras pequeñas como son los cilindros de madera obtenidos con el taladro de Pressler, en el cual se considera cada muestra de madera como un cilindro perfecto, se mide la longitud de la viruta con una regla graduada cuando ésta se encuentra saturada de humedad, se calcula su volumen en verde con el diámetro interior del taladro y la longitud de la viruta, posteriormente se determina el peso anhidro de la muestra al deshidratarla en una estufa a 105-110°C, estimándose posteriormente la densidad básica de la madera (Valencia y Vargas, 1997).

El método de desplazamiento de agua, consiste en colocar las muestras en un recipiente con agua, hasta obtener su saturación, obteniendo el volumen por desplazamiento en agua al colocar un recipiente con agua sobre una



balanza analítica y posteriormente introducir cada muestra de madera sin que toque las paredes ni el fondo del recipiente, de manera que se obtiene el peso del agua desplazada misma que corresponde al volumen verde de la muestra, considerando la densidad de la madera como la unidad, posteriormente se obtiene el peso anhidro de las muestras colocándolas en una estufa a temperaturas alrededor de los 100°C (Kollman, 1959).

Uno de los métodos más precisos es, el método de máximo contenido de humedad (Smith, 1954), para el cual se obtiene el peso anhidro y el peso saturado de las muestras, con los cuales se estima la densidad de la madera.

El uso de cada uno de los métodos para la estimación de la densidad de la madera depende del trabajo a realizarse y del equipo con que se cuente para la realización del mismo (López A., 1997).

### 3.3 Variación

De la Loma (1982) define a la variación como la tendencia que se manifiesta en los individuos a diferenciarse unos de otros; es decir son las diferencias morfológicas, anatómicas y fisiológicas que permiten la separación de los individuos (Hocker, 1984).

La variación genética en los árboles forestales obedece a cinco grandes fuerzas naturales, tres de las cuales la incrementan y dos de ellas la disminuyen. Las primeras son la mutación, el flujo génico o migración y la recombinación genética y las dos restantes son la selección natural y la deriva genética (Zobel y Talbert, 1988).

La mutación es un cambio heredable en la constitución genética de un árbol, por lo común a nivel de gene; la migración es el movimiento de alelos de una población o especie hacia otra, donde puede faltar o estar con una

frecuencia distinta; la recombinación genética alcanza su máxima expresión en grandes poblaciones naturales, creando innumerables combinaciones génicas potencialmente listas para ocupar cualquier nicho ecológico; la selección natural es una fuerza importante que suele reducir la variabilidad, puesto que determina qué árboles crecerán y se reproducirán, tiene un efecto aleatorio sobre la constitución genética de los árboles de una población (Zobel y Talbert, 1988).

De acuerdo con Nienstaedt (1990) para usar la variación se necesitan tres tipos de información a saber:

- a) Que características son variables. Es correcto decir que todas las características económicas varían: Por ejemplo; ha sido posible mejorar la velocidad de crecimiento; la calidad del fuste y la copa, las características de la madera (peso específico, largo de fibras; producción de resina; etc.)
- b) La magnitud de su variación. Esta determinará si es factible mejorar la característica e influirá en el método de selección y la ganancia que sea posible de obtener.
- c) Los patrones de su variación. Limitará el área donde sea posible seleccionar los padres superiores para los huertos semilleros; así mismo pueden ser resultado de las fuerzas selectivas del ambiente si es que los patrones corresponden con la variación de los factores ambientales.

La variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal; sin variación en la adaptabilidad a condiciones ambientales, en la adaptabilidad a condiciones, en la velocidad de crecimiento, en las características de la madera o en la resistencia frente a enfermedades, no sería posible producir genotipos con crecimiento rápido, resistentes a enfermedades y bien adaptados a las condiciones ambientales (Nienstaedt, 1990).

Se han realizado gran cantidad de estudios acerca de la variación en especies forestales, por ejemplo, se puede citar a Hernández (1986) quien realizó un estudio sobre características morfológicas de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis*, así como también a Beristain (1992) en su estudio sobre variación morfológica y anatómica de acículas de *Pinus greggii* y Morales (1995) con su estudio realizado sobre variación de características morfológicas y anatómicas de acículas, en poblaciones naturales de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* blanco.

### 3.3.1 Niveles de variación

Nienstaedt (1990) menciona que la meta de un programa de mejoramiento es aumentar la frecuencia de los mejores genotipos y/o producir genotipos nuevos con mejores combinaciones de genes.

En las especies de árboles forestales los niveles en los cuales se ha encontrado variación para diversas características son entre procedencias, entre sitios, entre árboles y dentro del árbol ( Zobel y Talbert 1988).

Según Zobel y Talbert (1988), se pueden mencionar tres principales niveles de variación:

- a) Dentro de un determinado árbol. Se pueden distinguir diferencias dentro de un mismo árbol, especialmente en algunas características, como por ejemplo en las características anatómicas y propiedades mecánicas de la madera. Las propiedades de la madera pueden variar ampliamente dentro de un árbol, desde la médula (o centro) hacia el exterior o de la base del tronco hacia arriba. Se han realizado estudios como el de Ibarra (1999) sobre dimensiones de las traqueidas de *Pinus rudis* a este nivel; al igual que en la variable densidad de la madera de *Pinus greggii* por (López L., 1997), donde reportan diferencias dentro de árboles. En un estudio

realizado por Vaca (1992) indica que el peso específico de la madera presenta un patrón de variación continua en la sección transversal, disminuyendo de la médula hacia la corteza del árbol.

Daniel *et al.* (1982) mencionan que en las coníferas ocurre una considerable variación con respecto a su densidad. Esto significa que un árbol individual puede tener el doble de densidad que otros árboles del mismo tamaño.

- b) Entre árboles. Los árboles de una especie suelen variar mucho entre sí, aun cuando estos crezcan en el mismo rodal. Este es el principal tipo de variación genética utilizado en programas de selección y cruzamiento. El peso específico de la madera así como también otras características de ésta, varían ampliamente de un árbol a otro, sin importar la especie o el sitio donde crezcan los árboles. Hernández (1986) en su estudio de variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis* reporta diferencias entre árboles, al igual que Zúñiga (1998) en un estudio realizado sobre variación de la densidad de la madera para *Pseudotsuga*, así como Hernández H. (1985) quien de igual manera reporta diferencias entre árboles en su estudio de variación natural del peso específico y longitud de traqueidas de *Pinus hartwegii*.
  
- c) Entre sitios y áreas geográficas. Dado que la diferencia entre sitios es la diferencia encontrada entre un sitio y otro dentro de una procedencia. Estas diferencias no están determinadas genéticamente y solo representan los efectos ambientales sobre el crecimiento del bosque. Al hacer referencia entre áreas geográficas se sabe que son las diferencias que existen entre poblaciones de la misma especie, con relación a diferentes localidades geográficas de su distribución natural. La variación geográfica genéticamente comprobada suele ser grande especialmente en el caso de características relativas a la adaptabilidad. Las diferencias geográficas con

frecuencia no son fáciles de definir y los límites no están por lo general bien identificados a menos que exista una barrera ambiental bien definida. Hernández H. (1985) reporta diferencias entre sitios en su estudio sobre variación natural del peso específico de la madera de *Pinus hartwegii*, por su parte Hernández G. (1986); López A. (1997); Muñoz (1995); Zúñiga, (1998), reportan diferencias entre poblaciones en sus respectivos estudios.

### 3.4 Crecimiento

Maximov (1954) define el crecimiento, en términos biológicos, como el aumento de la cantidad de protoplasma metabólicamente activo, acompañado de un aumento del número de células, del tamaño de las mismas, o de ambas y menciona que el crecimiento se basa en la transformación química de las sustancias asimiladas o de reserva en el protoplasma vivo.

Carrillo (1998) define el crecimiento, dasonómicamente, como el aumento en las dimensiones de la planta siendo un fenómeno cuantitativo susceptible de medirse, expresándolo como un aumento de la longitud o del diámetro y por lo tanto un aumento de su peso.

En las coníferas, el tejido celular que origina el crecimiento en espesor procede del cambium que está situado en la parte exterior del tronco y produce, año tras año, el engrosamiento del árbol. Este crecimiento en espesor empieza con una línea de separación muy marcada después del periodo de reposo vegetativo invernal (Kollmann, 1959).

El crecimiento de los árboles depende de la especie, de su edad y de la calidad del sitio en el cual crecen, además de factores climáticos, como la precipitación, la temperatura, luz, vientos; edáficos como textura, profundidad, contenido de materia orgánica, densidad, contenido de humedad; topográficos como exposición, pendiente, altitud, estructura o dispersión de los individuos

dentro del bosque. En estado joven, muchas especies de coníferas producen anualmente un verticilio. La distancia entre los verticilios representa el crecimiento durante un año. En especies de árboles con periodo de reposo anual, se puede determinar la edad contando los anillos (SEP, 1988; Carrillo 1998). En las coníferas el tamaño de las copas es un factor que determina la gravedad específica en los primeros años del rodal; posteriormente, el peso específico es mayor a medida que se tiene un continuado y favorable grado de crecimiento así como copas menos voluminosas, en tanto que la proporción de madera de primavera está más o menos definida por la magnitud de las copas (Chávez, 1945).

#### 3.4.1 Anillos anuales

Los anillos anuales, es decir, el dibujo que presentan en una sección transversal del fuste las capas de madera resultado del crecimiento de cada año, es una característica, a simple vista, para apreciar la clase y calidad de la madera (Kollman, 1959).

La constitución de los anillos en la mayoría de las coníferas, es muy clara: los tejidos leñosos porosos (madera temprana) suceden, dentro de cada zona de crecimiento anual, así como otros tejidos leñosos más apretados (madera tardía). La madera temprana con vasos de paredes delgadas, tiene principalmente la función conductora, mientras que la madera tardía con vasos de paredes gruesas, tienen la función de dar solidez al cuerpo de la planta (Kollman, 1959). La anchura de los anillos anuales que varía de una fracción de milímetro hasta unos centímetros, depende de muchos factores: duración del periodo vegetativo, temperatura y humedad, calidad del suelo, insolación, la duración de la estación de crecimiento, la competencia, el fotoperíodo, factores externos como la defoliación por insectos, los vientos, además de otros de naturaleza específica (Kollmann, 1959; Carrillo, 1998).

La diferencia entre la densidad de las especies de coníferas está determinada en gran parte por las proporciones relativas de tejidos de paredes delgadas de la madera temprana y el tejido de paredes gruesas de la madera tardía (Daniel *et al.*, 1982).

En general, cuando el medio es favorable, los anillos son más anchos; cuando es desfavorable son más estrechos. En algunas regiones se ha encontrado un alto grado de correlación entre la precipitación y la temperatura con la anchura de los anillos, resultando que los años húmedos y cálidos originan mayores incrementos que los secos y fríos. En climas templados y sobre todo en áridos y semiáridos, se nota de manera más marcada la formación de los anillos (Carrillo, 1998).

La madera temprana, es el producto de unas condiciones más favorables de crecimiento, debido a la disponibilidad de agua suficiente y a condiciones de altas temperaturas, lo que repercuten en el desarrollo del metabolismo del árbol, dando como resultado un rápido crecimiento en diámetro, produciendo una madera ligera; por el contrario, cuando la temperatura desciende a partir de la segunda mitad del año, el ritmo de crecimiento en diámetro va disminuyendo, produciendo una madera cada vez más densa y marcando la diferencia con el anillo que se formará el siguiente año (Carrillo, 1998). También se puede señalar que en la segunda mitad del año, el árbol ha dejado de emitir yemas apicales, y las hojas han dejado de crecer, por lo que las reservas se pueden destinar a la formación de madera tardía (Hocker, 1984).

La distancia entre anillos influye notablemente en el grado de crecimiento en diámetro, peso específico y tamaño de las copas, influyendo el desarrollo de estas últimas en la formación de la parte de madera temprana y por lo tanto en la densidad de la madera (Chávez, 1945).

## IV MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

El área donde se obtuvieron los árboles para el presente trabajo está ubicada en el Ejido la Trinidad, municipio de Montemorelos, Nuevo León (Figura 1), la cual se ubica entre los paralelos  $25^{\circ} 23' 03''$  y  $25^{\circ} 11' 30''$  de latitud Norte y  $100^{\circ} 09' 19''$  y  $100^{\circ} 06' 56''$  de longitud Oeste.

El área se encuentra ubicada en la Sierra La Cebolla, con altitudes que varían entre 1530 a 2030 metros sobre el nivel del mar (CETENAL, 1977b).

Las rocas que se encuentran presentes en el área son de origen sedimentario, conglomerada, lutita, areniscas y calizas. Los suelos predominantes son luvisol crómico, regosol calcárico; con texturas que van de media a fina (CETENAL, 1977a).

La fórmula climática reportada para el área de estudio es BSohw“(e), la cual corresponde a un clima seco, semicálido, extremoso, con invierno fresco, lluvias de verano con temporada seca corta; el área presenta una temperatura media anual de  $20.6^{\circ}\text{C}$  y una precipitación media anual de 332.6 mm (García, 1987).

El área presenta en su estrato arbóreo una vegetación cubierta por bosque de pino y encino, al igual que matorral inerme, chaparral, pastizal inducido, matorral subinerme y pastizal natural (DETENAL, 1977).



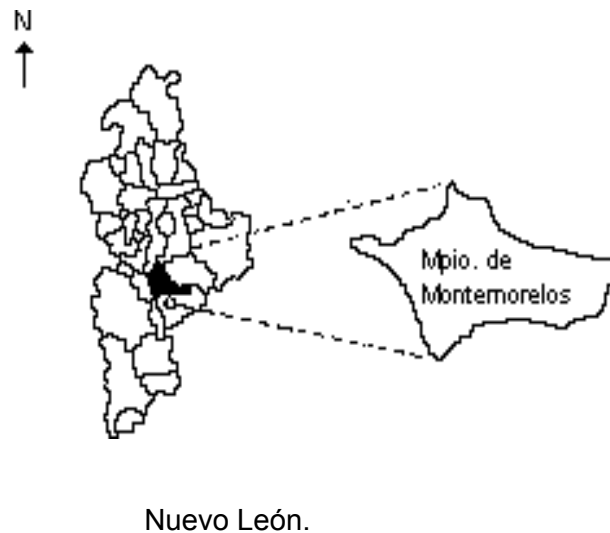


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (Montemorelos, N.L.)

#### 4.2 Trabajo de campo

Para seleccionar los árboles que se utilizaron en el presente trabajo, se visitaron las áreas bajo aprovechamiento. Se eligieron árboles dominantes y codominantes, tomando en cuenta que estuvieran libres de plagas y enfermedades, no bifurcados y no despuntados.

Una vez elegidos los árboles, se cortaron en trozas de medidas comerciales a partir de 0.30 m de altura sobre el nivel del suelo; al principio de cada troza se extrajo una rodaja con un grosor aproximado de 5 cm; la última rodaja se obtuvo a 1 ó 2 m antes del ápice.

Se marcó cada una de las rodajas y en un formato se registró: localización, especie, número de árbol, altura del árbol, número de rodajas, altura a la cual se seccionó cada rodaja.

### 4.3 Trabajo de laboratorio

Del material obtenido se utilizaron para el presente trabajo las rodajas de nueve árboles, tomando en cuenta para ello, que fueran los árboles de mayor altura y que presentarán las rodajas completas.

Para la realización de este trabajo se tomó en cuenta la edad del tocón a 0.30 m del suelo y se determinó la edad del árbol a diferentes alturas a través de la diferencia de anillos de una rodaja a otra; debido al crecimiento en forma de conos sobrepuestos a mayor altura presenta una edad aparentemente diferente. Posteriormente se seccionó cada rodaja en fajas de 1 pulgada de ancho y 2 cm de grosor con un largo igual al diámetro de las rodajas, se seccionó cada faja de madera a cada ciclo de 10 años de crecimiento con la ayuda de un formón, partiendo de la médula del árbol hacia el exterior de ambos lados (Figura 2); se identificó dichas muestras con un lápiz graso para saber a que árbol, rodaja, sección y lado al que pertenecían; por ejemplo en la muestra “28R2A30” el 28 representa el número de árbol, la R2 el número de rodaja, la A el lado al cual pertenece denominándose solamente como (A o B), y el 30 indica que representa la clase de 21 a 30 años.

Posteriormente se colocaron las muestras en un recipiente de plástico con agua hasta que estuvieran completamente saturadas de humedad. Para comprobar esto se tomó una pequeña muestra a la cual se pesaba cada tres días y cuando se observó que el peso se estabilizó se pesaron diariamente hasta obtener un peso constante, lo cual se logró hasta los 84 días. Para ello se sacaron del recipiente con agua y se colocaron sobre una franela húmeda para quitar las gotas del exterior; para obtener el peso saturado se utilizó una balanza analítica con precisión de diezmilésimas de gramo.

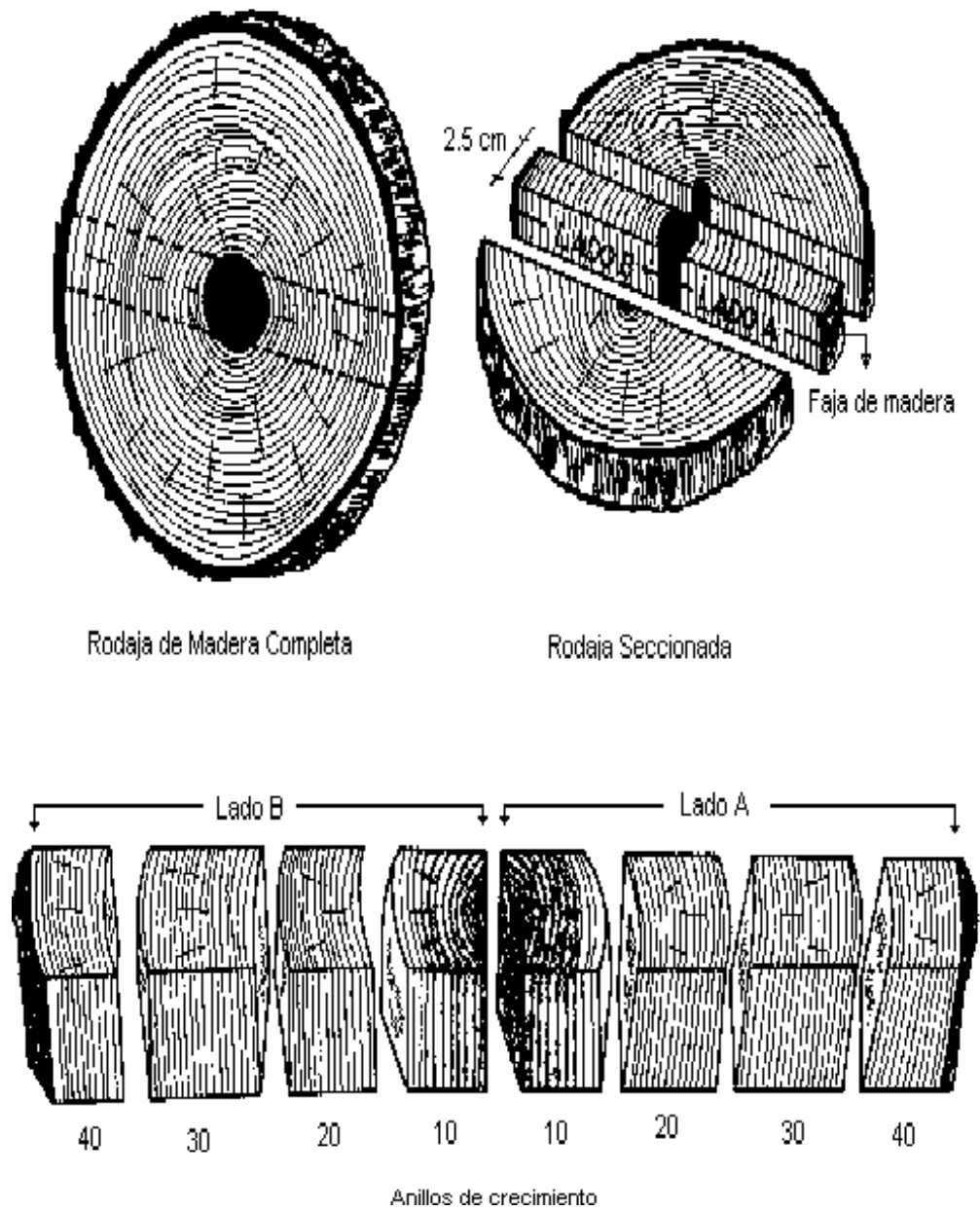


Figura 2. Corte de rodajas, extracción y seccionado de fajas de madera cada 10 anillos de crecimiento completos a partir del centro (Adaptado de Vaca, 1992).

Para la obtención del peso anhidro se colocaron las muestras de madera, por 24 horas a temperatura ambiente para iniciar la eliminación del agua, después se colocaron las muestras durante 72 horas que fue el tiempo en que obtuvieron un peso constante, en una estufa de secado a una temperatura que oscilaba de 100 a 105°C. Así mismo se usó una campana de desecación la cual contiene sílica para evitar que las muestras adquieran humedad del ambiente; las muestras se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar por una hora en la campana, hasta que obtuvieron una temperatura igual a la del ambiente, posteriormente se tomó cada una de las muestras con unas pinzas para evitar que absorbieran humedad de la piel; se utilizó la misma balanza analítica para obtener el peso anhidro y fueron anotados los datos en las hojas de registro. Los datos del peso saturado y el peso anhidro se registraron en un formato.

#### 4.3.1 Determinación de la densidad de la madera

Para estimar la densidad de la madera se empleó la fórmula del método de máximo contenido de humedad (Smith, 1954), para lo cual es necesario conocer el peso saturado y el peso anhidro estimándose la densidad para cada una de las muestras de madera.

La fórmula para obtener la densidad de la madera a través de este método es la siguiente:

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

Donde: DM = Densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)  
 Ps = Peso saturado de la muestra (g)  
 Pa = Peso anhidro de la muestra (g)  
 1.53 = Gravedad específica de la madera sólida

#### 4.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, para la variable en estudio, densidad de la madera, considerando un diseño completamente al azar para muestras de clasificación jerárquica o efectos anidados, obtenidas de poblaciones normales (Steel y Torrie, 1985). Para lo cual se empleó el paquete SAS (Statistical Analysis System).

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza de la densidad de la madera es el siguiente:

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

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor de la variable (densidad de la madera)

$\mu$  = efecto de la media de la población

$A_i$  = efecto debido al  $i$ -ésimo árbol

$HR_{i(j)}$  = efecto debido a la  $j$ -ésima rodaja dentro del  $i$ -ésimo árbol.

$CE_{i(jk)}$  = efecto debido a la  $k$ -ésima clase de edad dentro de la  $j$ -ésima rodaja del  $i$ -ésimo árbol

$E_{i(jkl)}$  = efecto debido al error aleatorio (diferencias dentro de cada clase de edad).

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

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

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

$l$  = 1,2,3..... n (número de muestras por clase de edad)

También se realizó un análisis de componentes de varianza considerando el mismo modelo estadístico. Las esperanzas de los cuadrados medios se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Componentes de los cuadrados medios esperados del análisis de varianza para la densidad de la madera en *Pinus teocote*.

F. V	G.L.	Esperanza de los Cuadrados Medios
A (a)	a - 1	$\sigma^2 e + k_3 \sigma^2 + k_5 \sigma^2 b(a) + k_6 \sigma^2 a$
H.R. (b)	a ( b - 1)	$\sigma^2 e + k_2 \sigma^2 c (a,b) + k_4 \sigma^2 b(a)$
C.E. (c)	ab ( c - 1)	$\sigma^2 e + k_1 \sigma^2 c (a,b)$
ERROR (e)	abc ( n - 1 )	$\sigma^2 e$

F.V. = Fuentes de variación, G.L.= Grados de libertad,  $\sigma^2 e$  = Varianza del error, A = árboles, H.R. = alturas de rodajas dentro de árboles, C.E. = clases de edad, n = número de observaciones,  $\sigma^2 a$  = Varianza entre árboles,  $\sigma^2 b(a)$  = Varianza entre alturas de rodaja dentro de árboles,  $\sigma^2 c(a,b)$  = Varianza entre clases de edad dentro de rodajas,  $K_{1...6}$  = Coeficientes asociados a los componentes de varianza.

#### 4.4.1 Método y procesamiento de análisis

Para la obtención de los resultados, los datos fueron capturados y procesados en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). En el cual se calculó la densidad de la madera de las muestras a partir de los datos de peso saturado y peso anhidro del laboratorio; antes de realizar el análisis estadístico se eliminaron las muestras que presentaron valores altos debidos a la presencia de resina, igual que los valores bajos debidos a que las muestras presentaban porosidad e indicios de pudrición; así mismo se probó la normalidad de los datos. Posteriormente, se obtuvieron las medidas de tendencia central y de dispersión; se realizó el análisis de varianza y el análisis de componentes de varianza para determinar las diferencias entre árboles,

entre rodajas dentro de árboles y clases de edad dentro de rodajas dentro de árboles, utilizando como repeticiones los lados A y B.

Se calcularon los porcentajes de los efectos de interés, sumando las cantidades de los componentes de varianza estimados, posteriormente se dividió cada componente de la fuente de variación entre el total, multiplicándolo por 100 para obtener el porcentaje de varianza para cada efecto.

Para facilitar la interpretación de los diferentes valores obtenidos de densidad de la madera obtenidos, se realizaron perfiles de crecimiento considerando que existen 4 edades promedio del total de árboles: 50, 60, 70 y 80 años; ésto con la finalidad de mostrar los valores de densidad obtenidos a diferentes alturas y clases de edad del árbol, así como sus promedios correspondientes en cada caso.

## V RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Medidas de tendencia central y de dispersión de la densidad de la madera

El valor promedio de la densidad de la madera (Cuadro 2) encontrado para los nueve árboles analizados de la especie de *Pinus teocote* fue de 0.473 g/cm<sup>3</sup>, presentando un valor mínimo de 0.36 g/cm<sup>3</sup> y un valor máximo de 0.60 g/cm<sup>3</sup>, valores que fueron obtenidos de 578 muestras de madera.

Cuadro 2. Medidas de tendencia central y de dispersión para la densidad de la madera de nueve árboles de *Pinus teocote* en la Trinidad, Montemorelos, N.L.

Variable	N	Valor Mínimo	Valor Medio	Valor Máximo	Sx	C.V. (%)	Normalidad (%)
D.M	578	0.36 g/cm <sup>3</sup>	0.47 g/cm <sup>3</sup>	0.60 g/cm <sup>3</sup>	0.032 g/cm <sup>3</sup>	6.90	98

D.M.= Densidad de la madera; N = Número de observaciones; Sx = Desviación estándar de la media; C.V. = Coeficiente de variación.

Con los datos obtenidos, se observa que si se presenta el valor promedio, con más menos una desviación estándar se tiene un valor de  $0.473 \pm 0.032$  g/cm<sup>3</sup>; considerando una distribución normal se tiene que alrededor del 65% de la población tiene una densidad de la madera que se encuentra entre 0.438 y 0.502 g/cm<sup>3</sup>. Asimismo, se estimó el valor de la media poblacional para la densidad de la madera, el cual se encuentra entre 0.469 y 0.477 g/cm<sup>3</sup> con un 99% de confiabilidad, esto se realizó de acuerdo con la fórmula que presentan para el caso Infante y Zárate (1990).



El valor promedio general encontrado (0.473 gr/cm<sup>3</sup>) corresponde a una madera moderadamente pesada, de acuerdo con la clasificación desarrollada por Markwar y Heck (Echenique y Díaz, 1969). Sin embargo, de acuerdo con la clasificación desarrollada por Arostegui y Sato (Ordóñez *et al.*, s/f), corresponde a una madera mediana (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de la madera de acuerdo a su densidad (g/cm<sup>3</sup>), basándose en el peso anhidro sobre su volumen verde desarrollada por Aróstegui y Sato (Tomada de Ordóñez *et al.*, s/f) y Markward y Heck (Tomada de Echenique y Díaz, 1969).

Relación de la densidad de la madera peso anhidro al volumen verde. D.M. = Pa / Vv	Terminología Markward y Heck	P.E = PA/VV	Terminología Aróstegui y Sato
Menor de 0.20 De 0.20 a 0.25 De 0.25 a 0.30 De 0.30 a 0.36 De 0.36 a 0.42 De 0.42 a 0.50 De 0.50 a 0.60 De 0.60 a 0.72 De 0.72 a 0.86 Mayor de 0.86	extremadamente liviana excesivamente liviana muy liviana liviana moderadamente liviana moderadamente pesada pesada pesada muy pesada excesivamente pesada extremadamente pesada	menor de 0.25 de 0.25 a 0.40 de 0.40 a 0.60 de 0.60 a 0.75 mayor de 0.75	muy liviana liviana mediana pesada muy pesada

De lo anterior se puede notar que las denominaciones de la madera como “pesada”, “liviana” u otras más, pueden generar confusión, ya que el valor depende de la clasificación a que se haga referencia; por ejemplo, una madera “muy liviana” en la clasificación de Markwar y Heck haría referencia a un valor entre 0.25 a 0.30 g/cm<sup>3</sup>, mientras que en la clasificación de Arostegui y Sato significaría una madera con una densidad menor de 0.25 g/cm<sup>3</sup>, por lo cual los términos deben tomarse como indicativos y de preferencia señalar el valor numérico, incluso con su intervalo de confianza y teniendo presente que se trata de un valor promedio.

Ahora bien, de acuerdo con una propuesta hecha por Ordóñez *et al.* (s/f) para usos de la madera por sus propiedades mecánicas; pero atendiendo exclusivamente a la densidad, los usos recomendados de esta madera serían como combustible, madera de aserrío, para postes, pilotes para minas, mangos de herramientas y artículos deportivos.

Así mismo se observa que el valor promedio de la densidad de la madera para *Pinus teocote*, en este trabajo (0.47 g/cm<sup>3</sup>), es un valor superior al obtenido en otros estudios para otras especies del género *Pinus*. Por ejemplo, 0.42 g/cm<sup>3</sup> para *Pinus arizonica* (Borja y Tamarit, 1997); 0.45 g/cm<sup>3</sup> para *Pinus patula* (Reyes *et al.*, 1992); 0.42 g/cm<sup>3</sup> para *Pinus oocarpa* (Ladrach, 1987); 0.40 g/cm<sup>3</sup> para *Pinus elliotii* y 0.41 g/cm<sup>3</sup> para *Pinus pseudostrobus* (Ladrach, 1986).

También se puede observar que el valor estimado es un valor inferior al compararlo con los reportados por: Plancarte (1987) para *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* de 0.54 g/cm<sup>3</sup>; Vaca (1992) para *Pinus cembroides* de 0.58 g/cm<sup>3</sup>; López A. (1997) para *Pinus rudis* de 0.53 g/cm<sup>3</sup>; Reyes *et al.* (1992) para *Pinus caribaea* y para *Pinus oocarpa* de 0.51 y 0.55 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

Incluso, se observa que el valor de la densidad de la madera encontrado para *Pinus teocote* ( $0.47 \text{ g/cm}^3$ ) es igual al encontrado por López L. (1997) para *Pinus greggii*.

Al observar los diferentes valores de densidad de la madera obtenidos en los estudios anteriores se puede comprobar lo señalado por autores como Zobel y Talbert (1988) y Daniel *et al.* (1982) quienes mencionan que existe variación de la densidad de la madera entre especies.

Si se comparan valores exclusivamente de *Pinus teocote* se puede comprobar que existen diferencias entre la misma especie. Así, Ordóñez *et al.*, (s/f) en un estudio de dos árboles con tres probetas cada uno y García (1984) en un estudio con muestras de 80 árboles, reportan valores de densidad de la madera de  $0.51$  y  $0.57 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, ambos trabajos realizados en *Pinus teocote* de la Sierra Juárez de Oaxaca, los cuales son valores superiores al encontrado en este trabajo ( $0.47 \text{ g/cm}^3$ ).

Las diferencias dentro de la misma especie, pueden ser debidas al ambiente así como al control genético, en el caso de diferencias entre poblaciones se presume que las diferencias son principalmente debidas al efecto ambiental y de poco control genético, como lo reportado para *Pinus taeda* del Sureste de Estados Unidos (Zobel y Talbert, 1988). Sin embargo, no se puede asegurar que en todas las especies y características siempre sea así.

En este caso, podría pensarse que los menores valores de densidad de la madera ( $0.47 \text{ g/cm}^3$ ) para *Pinus teocote* de Montemorelos, N.L., del presente estudio, comparados con los valores de *P. teocote* de la Sierra Juárez, Oax., se debe probablemente al efecto del ambiente, ya que para la Sierra Juárez, Oax., el clima corresponde a templado, mientras que para la región de Montemorelos, N.L., el clima es semicálido húmedo (García, 1987), de manera que es lógico suponer una mayor velocidad de crecimiento en Montemorelos,

N.L. y una menor velocidad de crecimiento en Sierra Juárez, Oax. Si se considera que la velocidad de crecimiento podría relacionarse en forma negativa con la densidad de la madera, como lo reporta Valencia (1994) para *Pinus patula*, entonces los resultados obtenidos en *Pinus teocote*, serían congruentes con dicha relación, que sin embargo no se conoce y debería estudiarse para conocer si la densidad de la madera ciertamente se ve o no afectada por la velocidad de crecimiento y en qué cantidad, o bien para tratar de conocer que factores del ambiente son las que más le afectan y/o cuál es el grado de control genético a nivel de procedencia, ya que en algunos géneros como *Abies* y *Picea* se ha encontrado una relación negativa entre la densidad de la madera y la velocidad de crecimiento (Zobel y Talbert, 1988), pero para otros géneros los resultados parecen ser confusos (Daniel *et al.*, 1982). Zobel y Van Buijtenen (1989) al revisar diversos estudios del género *Pinus* encuentran que en la mayoría de los casos no se encontró correlación entre ambas variables, en algunos otros se encontró una débil relación negativa y en muy contados casos se ha encontrado una relación positiva.

Además, se debe tener presente que la densidad de la madera no es una característica simple sino un complejo de propiedades de la madera que incluyen el grosor de la pared celular, el tamaño celular y el porcentaje de madera de verano y otros factores como la cantidad de extractivos y las condiciones de crecimiento (Zobel y Talbert, 1988; Ricalde *et al.*, 1989), lo cual dificulta ligeramente su estudio.

Respecto a las medidas de dispersión presentadas en el Cuadro 2, se observa que la densidad de la madera presenta variación (6.90%), lo cual hace que sea una característica variable y con ello dificulta su uso en la industria, donde se desea uniformidad del material; sin embargo, debe reconocerse que esta variabilidad puede constituir la materia prima del mejoramiento genético, cuando dicha variación tiene control genético y la variación no es

exclusivamente dentro del árbol. Además la variación dentro del árbol, permite que exista valor diferencial entre la madera de las diferentes partes del árbol.

El coeficiente de variación encontrado en el presente estudio (6.90%) es menor, en comparación con otros trabajos, por ejemplo al reportado por López A. (1997) para *Pinus rudis* de 11.47% en un estudio sobre variación de la densidad de la madera y al reportado por Vaca (1992) para *P. cembroides* de 42.84%, también en densidad de la madera. La utilidad de esta variación depende de que parte o fuente de variación contribuya principalmente, lo cual se analiza en el siguiente apartado.

## 5.2 Análisis de varianza y componentes de varianza

En el Cuadro 4 se observa que la variación debida a árboles, alturas de rodajas dentro del fuste de árboles y diferentes clases de edad dentro de árbol a diferentes alturas del fuste, son altamente significativas al nivel de probabilidad de  $\alpha = 0.01$ ; por lo tanto se rechazan las hipótesis nulas en las cuales se planteó: no existe variación de la densidad de la madera entre árboles de *Pinus teocote*; no existe variación de la densidad de la madera entre diferentes alturas del fuste dentro de árboles; y no existe variación de la densidad de la madera entre diferentes clases de edad, dentro de diferentes alturas de fuste, dentro de árboles. Por lo tanto, la densidad de la madera es en este caso una característica que presenta diferencias estadísticas entre árboles, entre diferentes alturas y entre diferentes clases de edad.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza y componentes de varianza para la densidad de la madera de *Pinus teocote* de la Trinidad, Montemorelos, N.L.

F.V.	G.L.	C.M.	C.V.E	Fc	C.V.E%	Esperanza de los cuadrados medios
------	------	------	-------	----	--------	-----------------------------------

A	(a)	8	0.0245	6.74 **	0.0501	2.54	$\sigma^2 + 1.9604\sigma^2 c(a,b) + 9.046\sigma^2 b(a) + 63.933\sigma^2 a$
HR	(b)	63	0.0160	15.01**	0.0015	37.26	$\sigma^2 e + 1.9611 \sigma^2 c(a,b) + 7.8789 \sigma^2 b(a)$
CE	(c)	228	0.0038	3.56 **	0.0014	34.42	$\sigma^2 e + 19158 \sigma^2 c(a,b)$
Error	(e)	278	0.0010		0.0010	25.78	$\sigma^2 e$
Total		577				100	

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; C.M.= Cuadrados medios; C.V.E.= Componentes de varianza estimados; % = Porcentaje; Fc = F calculada; A = árboles; HR= alturas de rodajas dentro de árboles; CE = clases de edad; n = número de observaciones;  $\sigma^2 e$  = Varianza del error;  $\sigma^2 a$  = Varianza entre árboles,  $\sigma^2 b(a)$  = Varianza entre alturas de rodaja dentro de árboles;  $\sigma^2 c(a,b)$  = Varianza entre clases de edad dentro de rodajas; \*\* = Altamente significativo al nivel de  $\alpha = 0.01$ .

El análisis de componentes varianza (Cuadro 4) muestra que el 2.52% de la varianza total para la densidad de la madera correspondió a las diferencias entre árboles, mientras que el 37.26% que es la mayor parte de variación encontrada se debe a el efecto de rodajas dentro de árboles, el 34.42% corresponde a la clase edad dentro de rodaja y el 25.78% es atribuido a el error o fuente de variación no explicada.

Se conoce que la densidad de la madera varía entre especies entre procedencias, entre árboles y dentro de un mismo árbol (Zobel y Talbert, 1988). En este trabajo se estudio entre árboles y dentro de árboles y se encontró que la mayor variación fue debida al efecto entre alturas con un 37.26%; al comparar dicho valor con el reportado por López A. (1997) para *Pinus rudis* en el efecto de altura (16.84%), se observa que el valor del presente trabajo es superior, lo que significa que podría distinguirse trozas de diferente densidad en ambos casos, pero con mayor facilidad en *P. teocote* del presente estudio. Asimismo, se comprueba lo señalado por Hocker (1984) y Kollmann (1959) quienes mencionan que la densidad de la madera varía según la altura en el árbol.

La variación encontrada para la densidad de la madera en este estudio entre clases de edades es de un 34.42%, el cual es un porcentaje relativamente alto si se compara con el reportado por López A. (1997) para el

efecto de distancia o sección dentro de altura de rodaja, en *Pinus rudis*, el cual fue de 5.48%.

En el presente estudio se encontró que el 2.54% de la variación fue debida al efecto entre árboles, el cual es un porcentaje menor comparado con otros estudios; por ejemplo, López L. (1997) reporta para *Pinus greggii* una contribución del efecto de árboles de 24%, y López A. (1997) encontró para *Pinus rudis*, una variación total, de casi 60% la cual fue debida a las diferencias entre árboles. Aún cuando las diferencias entre árboles, del presente estudio, sólo contribuyeron con 2.54%, es un porcentaje útil, sobre todo si se considera que esta característica está considerada como fuertemente heredable (Zobel y Talbert, 1988), o al menos con una heredabilidad superior a otras características (Zobel y van Buijtenen, 1989), tal como lo reportado por Valencia *et al.* (1996) para *P. patula*, quienes encontraron una heredabilidad superior de la densidad de la madera en comparación con altura, diámetro y volumen.

Daniel *et al.*, (1982) mencionan que la madera varía dentro de un mismo árbol ya que cerca del centro del árbol, se forma la madera juvenil. Esto es debido a que en la mayoría de las especies la tasa de crecimiento en altura es mayor en las primeras etapas de desarrollo, mientras que los incrementos en diámetro son relativamente mayores en etapas posteriores, una vez que los árboles han tenido la oportunidad de desarrollar su copa (Hocker, 1984). Sin embargo, esto permite proporcionar diferentes usos a la madera de un mismo árbol; mientras que la madera de la orilla puede ser utilizada para productos de mayor calidad como: chapa, tablas, tablonés; la madera del centro puede ser utilizada para productos de menor calidad como: celulosa para papel, cajas de empaque, tarimas, entre otros.

El error o efectos aleatorios contribuyó para este estudio con un 25.27%, lo cual representaría una cuarta parte de la variación total, sin embargo, se

debe tomar en cuenta que no son precisamente equivocaciones sino más bien, son las fuentes de variación no explicadas por no incluir los niveles de variación necesarios para conocer a que se debe el total de la variación, por lo tanto se podría pensar que la variación de la densidad de la madera es explicada en parte por las fuentes de variación en estudio (árboles, alturas de rodaja, clases de edad) así como por otros factores.

### 5.3 Variación de los ejes transversales y longitudinales del árbol

En las Figuras 3,4,5 y 6 se presentan los valores de cada clase de edad en cada altura para los diferentes perfiles de crecimiento por clase de edad total 50,60,70 y 80 años. Los valores obtenidos indican que la densidad de la madera es muy variable en ambos sentidos del árbol longitudinal y transversal, presentando valores que van desde  $0.30 \text{ gr/cm}^3$  a  $0.68 \text{ gr/cm}^3$  como valores mínimo y máximo. En estas figuras se puede observar que la tendencia general de la densidad de la madera es la reportada en diferentes estudios como el de López A.(1997) para *Pinus rudis*, Plancarte (1987) para *Pinus caribaea*, Vaca (1992) para *Pinus cembroides*, donde la densidad de la madera es menor en la base del árbol que en la porción superior, además de que la densidad de la madera es menor en el centro del árbol que en la periferia o corteza; citado también este patrón de variación por Zobel y Talbert (1988).

En el eje transversal se observa que la densidad de la madera presenta un patrón de variación generalmente definido en el cual aumenta del centro a la periferia del árbol, debido a que los primeros 10 a 15 anillos de crecimiento anual de las coníferas, que se encuentran, cerca de la médula, tienen características anatómicas especiales que los diferencian de los anillos subsiguientes de madera en estado maduro; es decir que existe un corazón de madera juvenil en todo el centro del árbol (Daniel *et al.* 1982); así mismo se observa en las Figuras 3,4,5 y 6, algunos valores altos en los primeros ciclos cercanos a la médula del árbol que van entre  $0.40$  y  $0.68 \text{ gr/cm}^3$ , estos valores



altos se pueden atribuir a que la densidad de la madera varía por la cantidad y clases de sustancias que contiene la madera, como podrían ser resinas y ligninas en su interior (Hocker, 1984); aunque en este caso no se atribuye a resinas debido a que las muestras con presencia de resina fueron eliminadas para obtener un valor más verídico, al igual que las muestras que se observaron porosas, eliminando así los datos más bajos.

Se han realizado diversos estudios sobre la densidad de la madera donde se puede corroborar que el comportamiento de esta característica es similar en su patrón de variación tanto en la sección transversal como en la longitudinal al encontrado en este estudio para la especie de *Pinus teocote*. Por







ejemplo, se puede citar a López A. (1997), Plancarte (1987), Ladrach (1987), con estudios que se han realizado en diferentes especies del género *Pinus*.

La variación de densidad de la madera tanto en la sección longitudinal como en la transversal puede ser atribuida a diferencias entre las características de la madera juvenil y la madura; es por eso que los valores más bajos se encuentran cerca de la médula y en la parte superior del fuste y los más altos cerca de la corteza y en la base del árbol (Kollmann, 1959).

Al analizar las Figuras 3,4,5 y 6 se observa que existe una gran variabilidad de la densidad de la madera dentro del árbol ya que se encuentran valores mínimos que van desde  $0.30 \text{ gr/cm}^3$  hasta  $0.68 \text{ gr/cm}^3$  (Figura 3) que representa un rango muy amplio lo cual no es conveniente porque no se tiene uniformidad en la madera. La variabilidad presentada afecta principalmente al industrial ya que no obtiene un producto uniforme. De igual manera se puede notar en las figuras que se presentan valores altos en la primera clase (10 años) sin embargo, pueden ser atribuidos a la presencia de diferentes sustancias

como holocelulosa y lignina; además de otras sustancias denominadas como extractos (Sánchez, 1999).

En el eje longitudinal (Figura 7) se observa que la tendencia de la densidad de la madera es disminuir ligeramente de la base al ápice del árbol; sin embargo, los valores promedios de densidad a 0.30 m son más altos; esto puede ser atribuido a que la transición entre la producción de madera de primavera a la de otoño se produce primero en la base del tronco y luego se desplaza en dirección acropétala (Daniel *et al.*, 1982). Este patrón de variación donde disminuye de la base al ápice también ha sido encontrado en estudios como el realizado por López A, (1997) para *Pinus rudis*.

En el eje transversal (Figura 8) se observa que la tendencia de la densidad de la madera es más o menos definida en la cual se observa que aumenta del centro a la periferia o corteza del árbol. Por ejemplo López A. (1997) reporta que la densidad de la madera para *Pinus rudis* presenta un patrón de variación continuo y positivo con relación al diámetro, aumentando de la médula hacia la corteza del árbol; por su parte Plancarte (1987) reporta en un estudio realizado para *Pinus caribaea* variedad *hondurensis* que la densidad de la madera, aumenta con la edad del árbolado. Zobel y Van Buijtenen (1989) mencionan que la proporción de madera tardía y la densidad de la madera tienen una alta correlación. Ladrach (1984) y López A. (1997) encontraron que la densidad de la madera se relaciona con la edad del árbol y su tamaño.







## VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el estudio de la variación de la densidad de la madera de *Pinus teocote* en la Trinidad, Montemorelos, N.L. se pueden establecer las siguientes conclusiones.

- a) El valor promedio de densidad de la madera para *Pinus teocote*, en la Trinidad, Montemorelos, N.L., se encuentra entre 0.469 y 0.477 g/cm<sup>3</sup>, con un 99% de confiabilidad.
- b) Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las fuentes de variación de densidad de la madera.

- c) De la variación total estimada en la densidad de la madera, el 2.54% se debió al efecto entre árboles, el 37.26% al efecto entre alturas de rodajas y la variación encontrada entre clases de edad contribuyó con un 34.42%.
- d) La densidad de la madera presenta un patrón de variación más o menos bien definido, en el cual disminuye de la base del árbol hacia el ápice y aumenta del centro a la periferia o corteza.

## 6.2 Recomendaciones

De acuerdo con los resultados y las experiencias obtenidas en este trabajo se recomienda lo siguiente:

- a) Cuando se realicen este tipo de trabajos es recomendable eliminar muestras con presencia de resina o dañada por insectos con la finalidad de obtener un valor exclusivo de material maderable.
- b) Se recomienda realizar un estudio de incrementos (ICA e IMA), con el mismo material para conocerla magnitud y la tendencia de los incrementos durante la vida del árbol o rodal y asociarlos con los valores de la densidad de la madera

- c) Debido a que la variación de la densidad de la madera tiene un componente genético y otro ambiental, se recomienda realizar estudios que comprendan otras áreas de distribución así como de sus características climáticas, fisiografográficas y ecológicas; además de estudios de pruebas genéticas, para conocer con mejor precisión el comportamiento y patrón de variación de la densidad de la madera e *Pinus teocote*.
  
- d) Se recomienda realizar un estudio de las características de las traqueidas, ya que de esta forma se puede determinar con mayor seguridad la calidad de la madera de esta especie.

## VII LITERATURA CITADA

- Beristáin B., J.J. 1992. Variación morfológica y anatómica de acículas de *Pinus greggii*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- Borja de la R., A. y J.C. Tamarit J. 1997. Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm del estado de Durango. Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales. 1(1): 103-108.
- Carrillo E.G. 1998. Apuntes del curso de epidimetría. Universidad Autónoma Chapingo. 187 p.
- CETENAL. 1977a. Carta Geológica. G14C46 Rayones. Esc. 1: 50, 000.

CETENAL. 1977b. Carta Topográfica. G14C46 Rayones. Esc. 1:50,000.

Chávez V., R. 1945. Influencia silvicultural en el control del peso específico y la obtención de maderas de mejor calidad y resistencia mecánica. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 109 p.

Cruz D.J.,R y A. Borja de la R. 1995. Estudio tecnológico de la madera de *Pinus cooperi* Blanco, del estado de Durango. Revista Chapingo. Serie: Ciencias Forestales. 1 (1): 11-16

Daniel, T. W., J.A. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México. 490 p.

DETENAL. 1977. Carta de Uso del Suelo. G14C46 Rayones. Esc. 1: 50,000.

Echenique M.,R. y V. Díaz G., 1969. Algunas características tecnológicas de la madera de 11 especies mexicanas. Bol. Tec. Número 27. INIF. México. 61 p.

Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración sobre el género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 623 p.

Eguiluz, P. T. y A. Plancarte B. 1990. Mejoramiento genético y plantaciones forestales. Memoria. Chapingo, México. 209 p.

FAO. 1968. Tableros contrachapados y otros paneles a base de madera. Informe de una consulta Internacional sobre tableros contrachapados y otros paneles a base de madera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 8 p.

- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México, D.F. 217 p.
- García M., E. 1984. Variación del peso específico de siete especies de pino del estado de Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 56 p.
- Hawley, C.R. y M.D. Smith. 1982. Silvicultura práctica. Segunda edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 544 p.
- Hernández G., J.J. 1986. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus chiapensis* de Oaxaca y Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 91 p.
- Hernández H., F. 1985. Variación natural en *Pinus hartwegii*: peso específico y longitud de traqueidas en Zoquiapan, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 53 p.
- Hernández P., J.V. 1985. Variación natural en *Pinus hartwegii*: peso específico de la madera a lo largo del Eje Neovolcánico. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 42 p.
- Hocker Jr., H.W. 1984. Introducción a la biología forestal. AGT Editor, S.A. México, D.F. 446 p.
- Ibarra G., R. 1999. Variación de dimensiones transversales de traqueidas de madera tardía dentro y entre árboles de *Pinus rudis*, en Sierra las Alazanas, Arteaga, Coah. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah, México. 71 p.

- Infante G., S. y G.P. Zárate de L. 1990. Métodos estadísticos 2ª. Edición. Trillas. México. 643 p.
- Kollman, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Instituto Forestal de Investigación y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España. 675 p.
- Ladrach, W. E. 1984. Calidad de la madera de *Pinus patula*. Informe de investigación No. 92. Smurfit Cartón de Colombia, Investigación Forestal. Cali, Colombia. 16 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. 10 p.
- Ladrach, W.E. 1987. Calidad de madera de *Pinus oocarpa*. Informe de Investigación No. 116. Cartón de Colombia, Investigación Forestal. Cali Colombia. 7 p.
- Ladrach, W. E. y M. Gutiérrez. 1979. Logros genéticos con *Cupresus lusitanica* a través de seis años de mejoramiento de árboles en Colombia. Informe de Investigación No. 50. Smurfit Cartón de Colombia, Investigación Forestal. Cali Colombia. 16 p.
- López A., F. 1997. Variación en densidad de la madera entre y dentro de árboles de *Pinus rudis* en Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 55 p.

- López L., M. 1997. Variación en la densidad de la madera de *Pinus greggii* en el Norte de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 68 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª. Edic. Editorial. Botas. México, D.F. 361 p.
- Maximov, A. N. 1954. Fisiología Vegetal. Editorial Continental. México. D.F. 421 p.
- Morales B., S. 1995. Variación de características morfológicas y anatómicas de acículas en poblaciones naturales de *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* Blanco. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 41 p.
- Muñoz C., E. 1995. Variación morfológica en acículas, conos y plántulas de distintas procedencias de *Pinus cembroides*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 41 p.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memoria mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P.,T. y A. Plancarte B., A. Editores: Lomas de San Juan, Chapingo, México. 209 p.
- Ordóñez, V., G. Bárcenas y A. Quiróz, (s/f) Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuilianguis, Oaxaca. Boletín Técnico. La madera y su uso No. 21. LACITEMA. México. 32 p

- Plancarte B., A. 1987. Variación del peso específico de árboles selectos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de la sabana, Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 52 p.
- Perry, J.P. 1991. The pines of México and central América. Timber Press. Printed in Portland Oregon. 231 p.
- Reyes G., S.Brown., J.Chapman. A.Lugo.E. 1992. Wood densities of tropical Tree species. Gen. Tech. Rep. 50-88. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Experiment Station. E.U.A. 15 p.
- Ricalde, C.M. y G. Barcenas G. 1989. Propiedades físicas de la madera. Manual para diseño de estructuras de madera. Boletín Técnico. Lacitema. México. 38 p.
- Romahn de la V., C.F. 1992. Principales productos forestales no maderables de México. Editorial U.A.Ch. Chapingo, México. 376 p.
- Russell, G. 1909. Los pinos de México. Edición Facsimilar. The Arnold Arboretum No.1 Boston Mass. U.S.A s/p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 441 p.
- Sánchez R., L. 1998. Celulosa y papel. Editorial U.A.Ch. Chapingo, México. 178 p.
- SEP. 1988. Producción Forestal. Manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. México. 134 p.

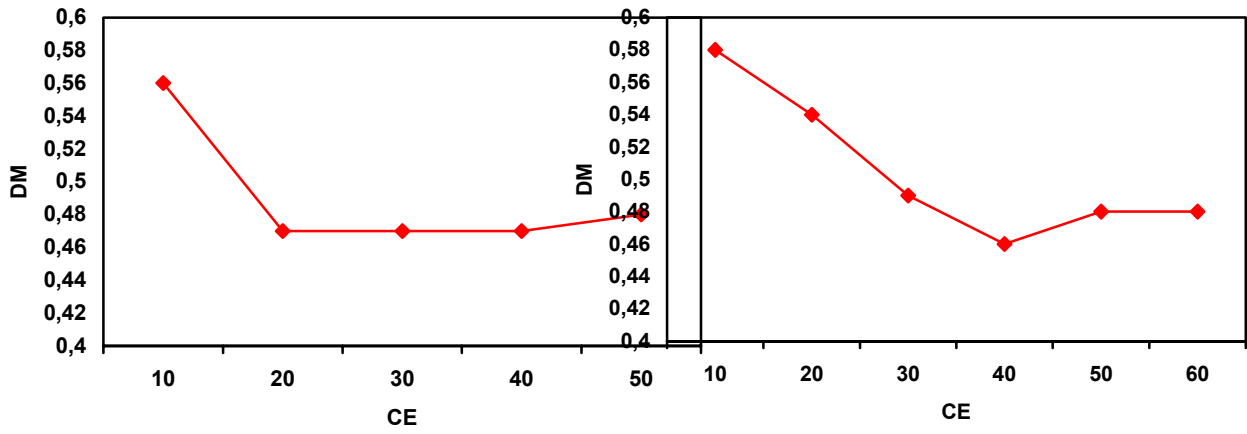


- Smith, D. M. 1954. Maximun moisture content method for determining specific Gravity of small wood samples. Forest Products Laboratory. Report 2014. Madison, Wi. U.S.A. 8 p.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1988. Bioestadística principios y procedimientos 2da. Edición. Mc Graw Hill. México. 622 p.
- Vaca G., A. 1992. Variación del peso específico de la madera y longitud de traqueidas dentro de árboles de *Pinus cembroides* de la región de Santiago, Papasquiario, Durango. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 88 p.
- Valencia M., S. 1994. Variación genética de la densidad de la madera en *Pinus Patula* Schl. et Cham y su relación con la velocidad de crecimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 108 p.
- Valencia M., S, J.J. Vargas H., J.D Molina G., y J.M. Jesús. 1996. Control genético de la velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula* Schl. et Cham. Agrociencia. 30 (2): 265-273.
- Valencia M., S., y J.J. Vargas H., 1997. Método empírico para estimar la densidad básica de la madera en muestras pequeñas de madera. Madera y Bosques 3(1): 81-87.
- Wright, J.A., y M. Endo. 1993. Densidad de la madera de 460 clones, en dieciséis ensayos de *Eucalyptus grandis*, a los cuatro años de edad, en Colombia. Informe de Investigación No. 156. Cartón de Colombia. Investigación Forestal. Cali Colombia. 9 p.

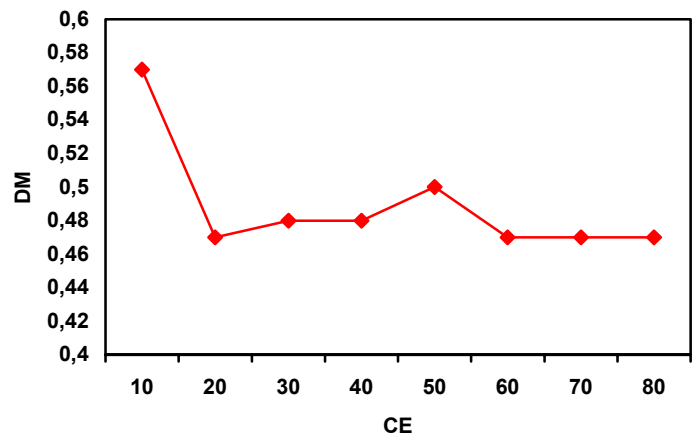
Zobel, B. J. y J. T. Talbert, 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. LIMUSA. México. 563 p.

Zobel, B.J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation: its causes and control. Springerer-Verlag. Alemania. 363 p.

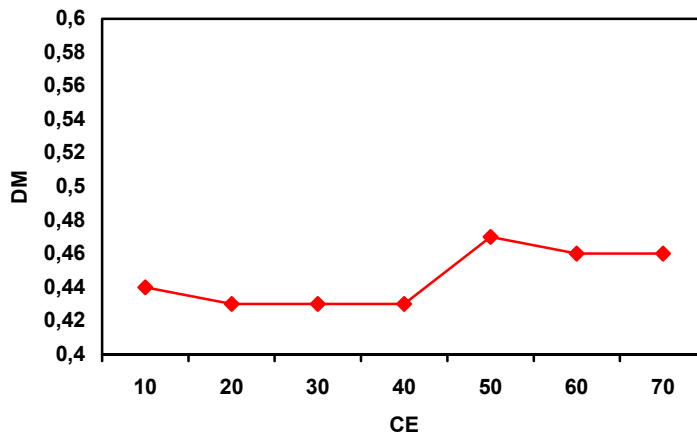
Zúñiga B., M.C. 1998. Variación de la densidad de la madera de *Pseudotsuga* árboles y entre localidades del Norte de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 54 p.



8 a) Clase de edad total 50 años.



8b) Clase de edad total 60 años.



8c) Clase de edad total 70 años.

8d) Clase de edad total 80 años.

CE: Clase de edad.

DM: Densidad de la madera.

Figura 8. Tendencia en la sección transversal para la media de la densidad de la madera por clase de edad de *Pinus teocote* para cada una de las edades.



Altura de corte de rodaja (m)

Media por altura  
(gr/cm<sup>3</sup>)

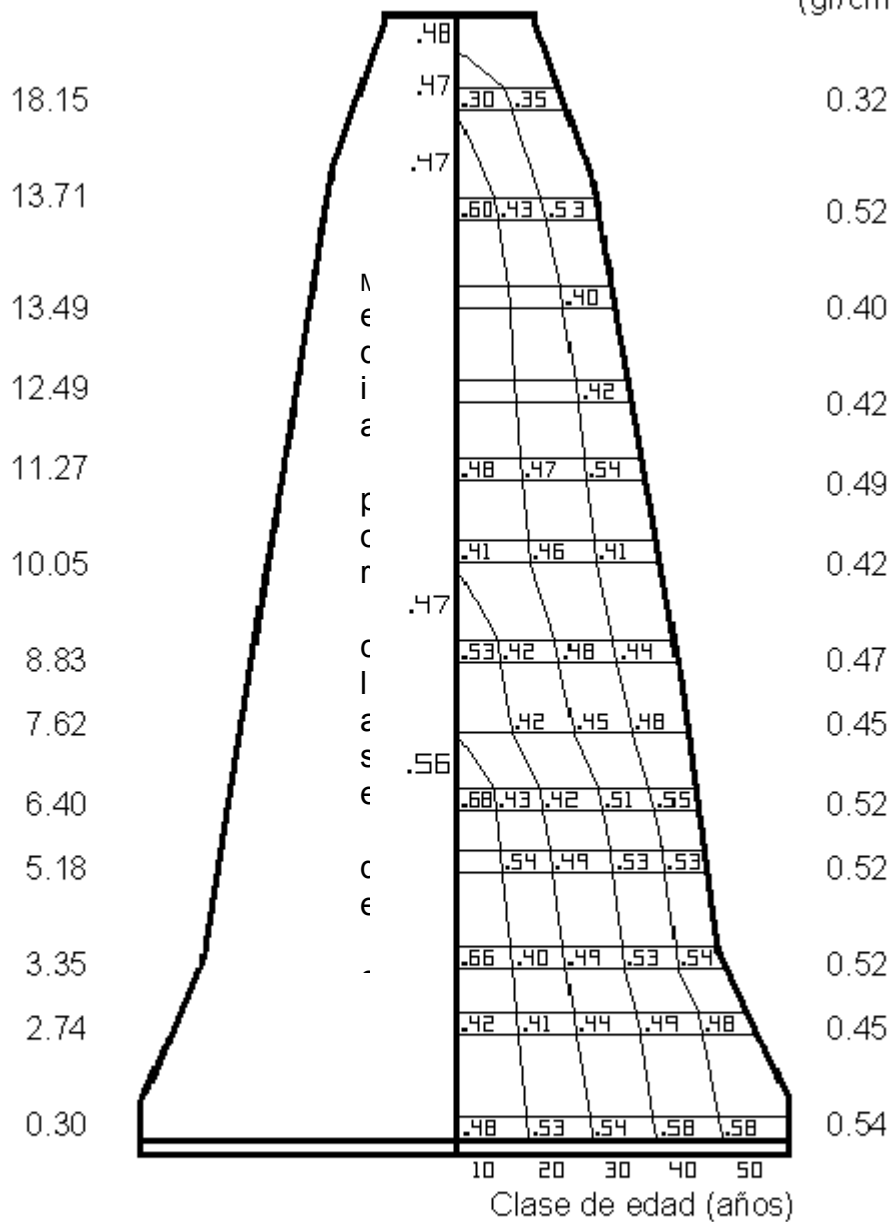


Figura 3. Representación esquemática de la variación de la densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>) dentro de árboles de *Pinus teocote*, para la clase de edad total 50 años.

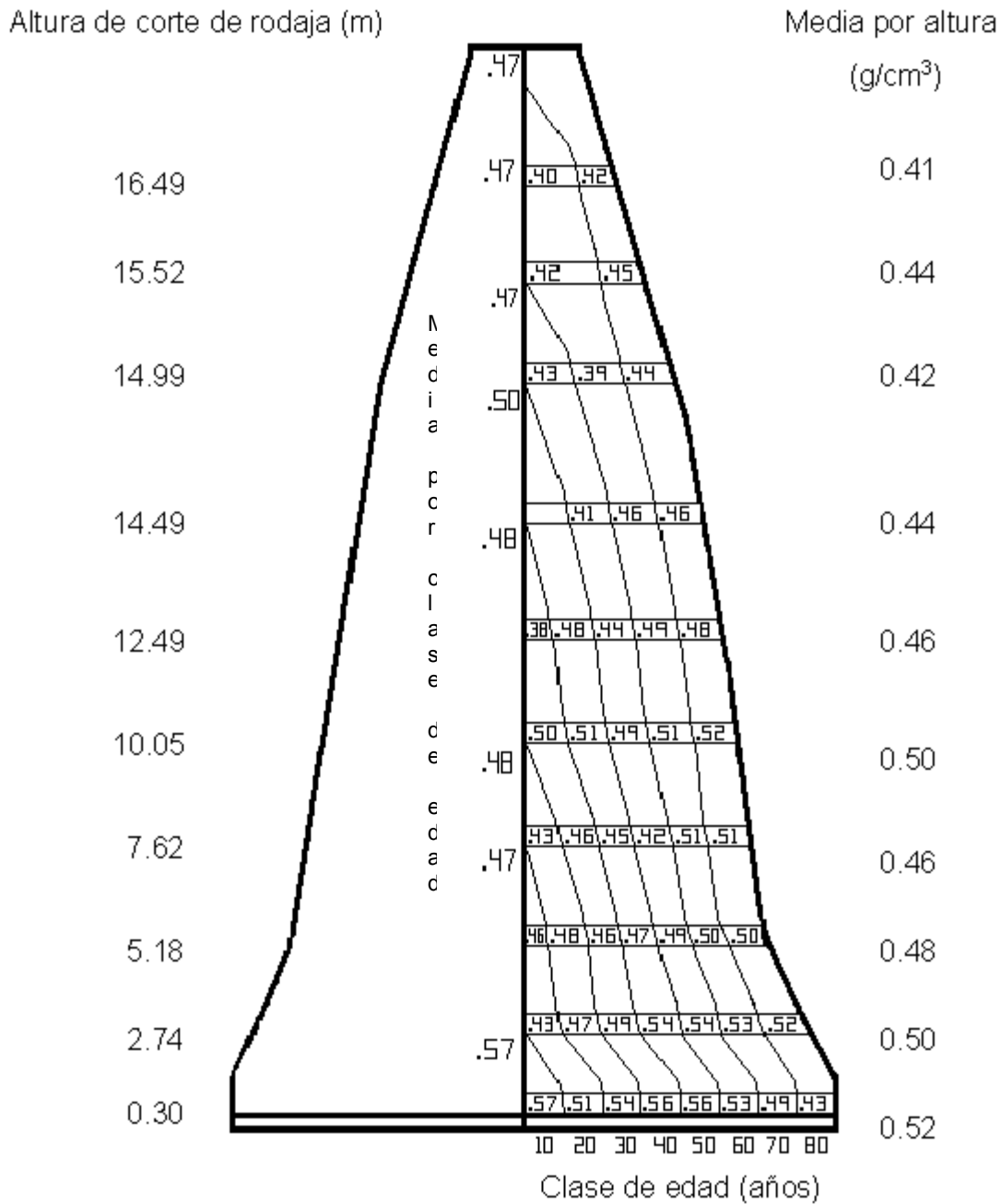


Figura 6. Representación esquemática de la variación de la densidad de madera ( $g/cm^3$ ) dentro de árboles de *Pinus teocote* para la clase de edad total 80 años.

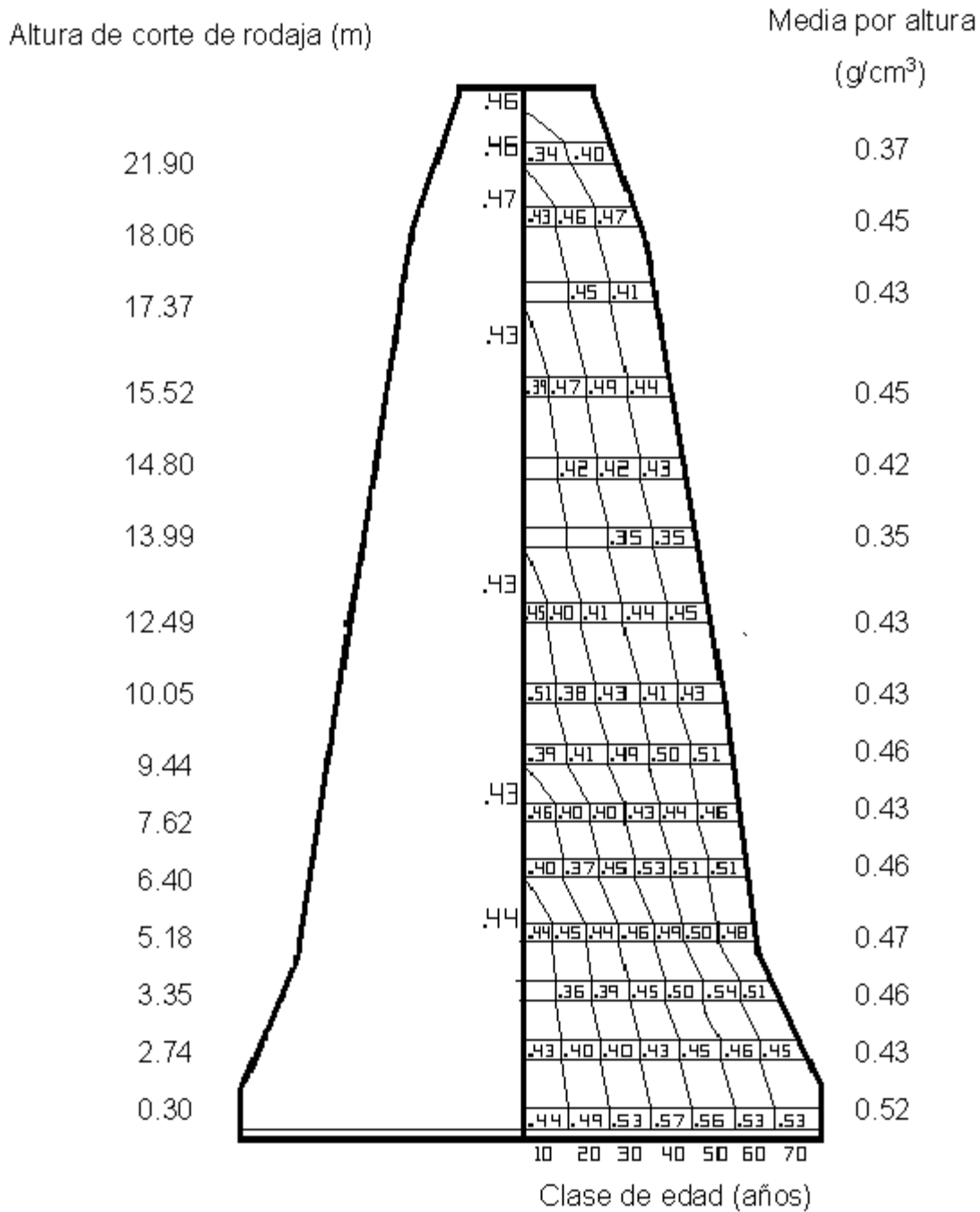


Figura 5. Representación esquemática de la variación de la densidad de la madera (g/cm³) dentro de árboles de *Pinus teocote* para la clase de edad total 70 años.



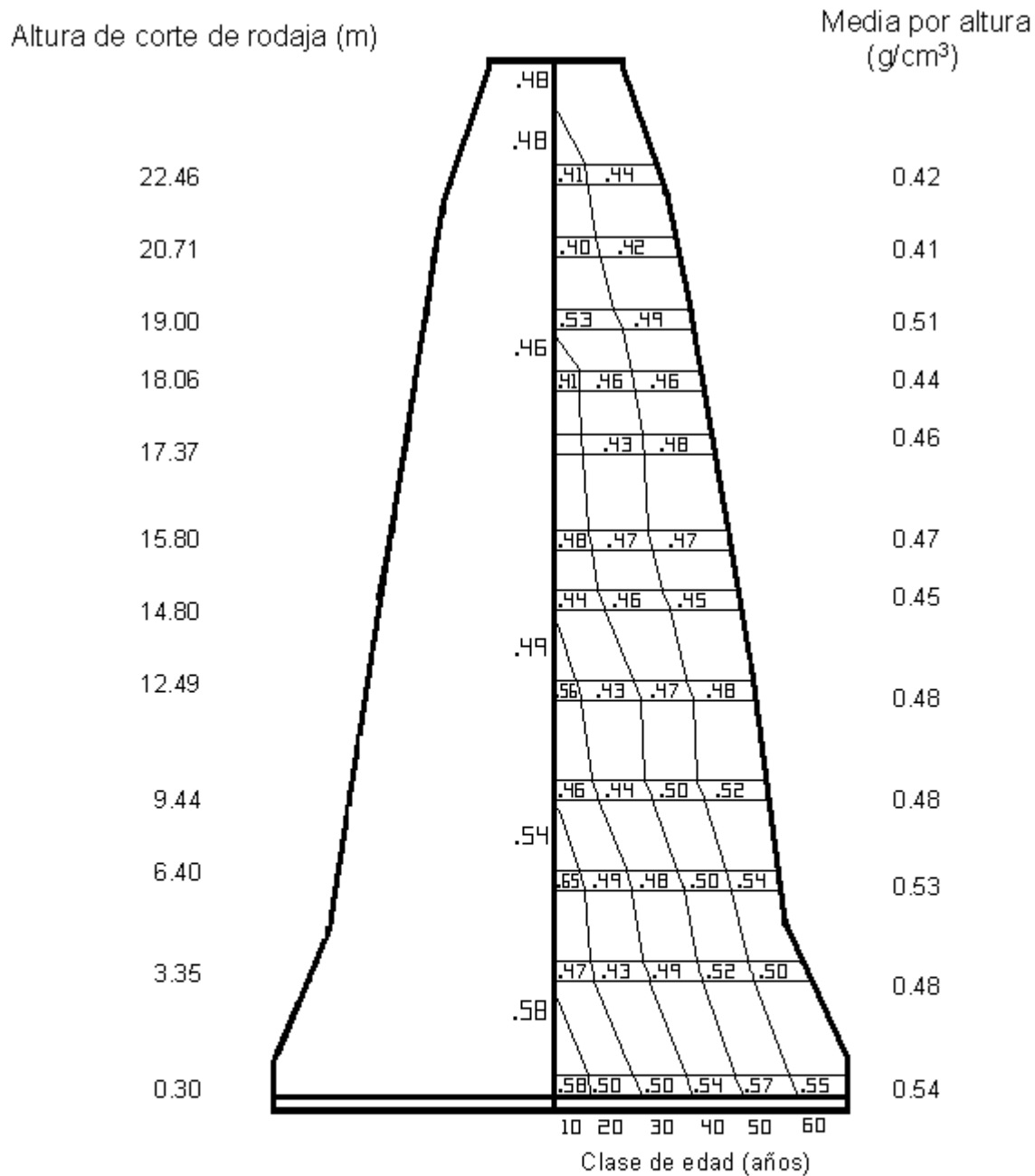


Figura 4. Representación esquemática de la variación de la densidad de la madera ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) dentro de árboles de *Pinus teocote*, para la clase de edad total 60 años.