

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Propiedades Físicas de la Madera de *Pinus greggii* Engelm. Provenientes de Plantaciones Forestales Comerciales en Dos Localidades de Durango

Por:

WENDY LIZETH MENDOZA SALAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Propiedades Físicas de la Madera de *Pinus greggii* Engelm. Provenientes de
Plantaciones Forestales Comerciales en Dos Localidades de Durango

Por:

WENDY LIZETH MENDOZA SALAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Genaro Esteban García Mosqueda

Asesor Principal



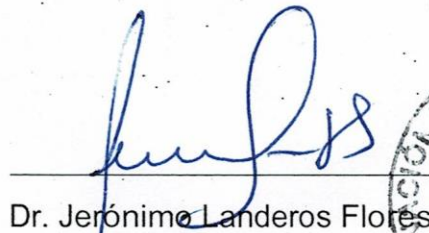
Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

Coasesor



M.C. Salvador Valencia Manzo

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2023

DEDICATORIA

A mi ALMA MATER, por albergar el conocimiento que todos los agrónomos necesitamos saber y comprender para desempeñarnos como profesionistas.

A mis maestros, por traspasar a mí su conocimiento, que adquirí durante estos años de carrera.

A mis padres, Gloria Irma Salas Delgado y Jorge Isidro Mendoza Meléndez, por permitirme mantener y culminar mis estudios siempre dándome el apoyo y aliento necesarios para seguir adelante nunca perdiendo la fe de que siempre es posible lograr grandes cosas con esfuerzo y dedicación. Gracias, este logro es especialmente para ustedes y nunca podré terminar de agradecerlo.

A mis hermanas, Gloria Jazmin Mendoza Salas y Belen Melissa Mendoza Salas, por mostrarme que, aunque las cosas se vean difíciles siempre van a estar ahí para ayudarme y apoyarme incondicionalmente.

A José Jonathan Flores Flores por tu paciencia y motivación conmigo.

A mis amigos y compañeros Verónica Martínez, José Carlos López, Ashley Verdejo, Fernando Galaviz, Vanesa Hernández, Noe Ramírez, Gilberto Aguilar, Ángel López, Emanuel Becerra, Billy Aguilar, María José Méndez, Sergio Hernández, Hiram Molina, Juan Carlos Rodas, Víctor Estrada, Ivan Torres.

En memoria de Julia Salas Hernández, José Luis Salas Delgado e Isidro Mendoza Mejía, por ser un ejemplo para mí en diferentes etapas de mi vida, quisiera que estuvieran aquí.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Genaro Esteban García Mosqueda por encaminar y dirigir este trabajo hacia la dirección correcta, además de su paciencia, apoyo y comprensión para poder finalizar este proyecto.

Al Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo por su ayuda en los modelos estadísticos y el uso del programa SAS.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por su colaboración en este trabajo, su punto de vista y correcciones.

A la Dr. Norma Ruiz del departamento de fitomejoramiento por permitirme el uso del laboratorio de tecnología de semillas para procesar mis muestras.

Al Ing. José Jonathan Flores Flores por la ayuda en la elaboración de las probetas definitivas y la captura de los datos.

A la Lic. Belen Melissa Mendoza Salas y el Lic. Pablo Hazael Lara Cervantes por la creación de las ilustraciones usadas como referencia en este trabajo.

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar razonamientos o ideas de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Wendy Lizeth Mendoza Salas

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 3 |
| 1.2 Hipótesis | 3 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 Generalidades del <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> | 4 |
| 2.2 Propiedades físicas de la madera | 4 |
| 2.2.1 Densidad básica de la madera | 4 |
| 2.2.2 Higocontracción longitudinal..... | 5 |
| 2.2.3 Higocontracción tangencial..... | 5 |
| 2.2.5 Higocontracción volumétrica | 6 |
| 2.2.7 Coeficiente de higocontracción tangencial | 6 |
| 2.2.9 Coeficiente de higocontracción volumétrica | 6 |
| 2.2.10 Relación anisotrópica..... | 7 |
| 2.2.11 Máximo contenido de humedad | 7 |
| 2.2.12 Pared celular | 7 |
| 2.2.13 Espacios vacíos | 7 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 8 |
| 3.1 Ubicación del área de estudio | 8 |
| 3.2 Descripción del área de estudio..... | 9 |
| 3.2.1 Fisiografía..... | 9 |
| 3.2.2 Hidrología | 9 |
| 3.2.3 Geología..... | 9 |
| 3.2.4 Suelo | 10 |
| 3.2.5 Clima..... | 10 |
| 3.2.6 Vegetación..... | 10 |
| 3.4 Trabajo en campo | 11 |
| 3.5 Elaboración de probetas..... | 12 |
| 3.6 Criterios de clasificación para las 12 propiedades físicas de la madera...16 | |
| 3.7 Análisis estadístico..... | 17 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 18 |
| 4.1. Propiedades físicas de la madera de <i>Pinus greggii</i> de dos plantaciones y su clasificación..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Diferencia de las propiedades físicas de la madera | 24 |
| 4.2.1 Variación entre plantaciones | 24 |
| 4.2.2 Variación axial | 28 |
| 4.2.3 Variación radial | 29 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 32 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 33 |
| 7. LITERATURA CITADA | 34 |
| 8. ANEXOS..... | 39 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|------|
| Cuadro 1. Criterios de clasificación de acuerdo a una distribución normal | 15 |
| Cuadro 2. Clasificación de las propiedades físicas de la madera de acuerdo a su criterio | 1816 |
| Cuadro 3. Datos estadísticos para las propiedades físicas de la madera del conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> del estado de Durango | 1918 |
| Cuadro 4. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> entre dos plantaciones con diferentes preparaciones del sitio..... | 2419 |
| Cuadro 5. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> entre dos plantaciones con diferentes preparaciones del sitio a siete años de edad. | 2724 |
| Cuadro 6. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> de dos plantaciones en el eje axial. | 2827 |
| Cuadro 7. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> en el eje radial, de una plantación de 11 años de edad del Estado de Durango..... | 3128 |
| Cuadro 8. Variación de 12 propiedades físicas entre madera anormal y madera normal de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> en el eje radial de una plantación de 11 años de edad con preparación del sitio utilizando implementos agrícolas, establecida en Nuevo Ideal, Durango. | 31 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|------|
| Figura 1 Ubicación del área de toma de muestras de madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm var. <i>greggii</i> en el estado de Durango | 8 |
| Figura 2 Representación del procedimiento para la elaboración de probetas. | 14 |
| Figura 3 Representación del procedimiento para la elaboración de probetas definitivas | 1414 |
| Figura 4 Distribución de valores e intervalos para las propiedades físicas de la madera a) Db, b) βT , c) λT , d) βR , e) λR , f) $\beta T/\beta R$, g) βV , h) λV , i) MCH, j) PC, k) EV, de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> de un conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de Durango con base en la metodología propuesta por Sotomayor y Ramírez (2013)..... | 2323 |
| Figura 5 Comparación de medias de t de Student en variación por preparación de sitio para las variables a) Db, b) PSF c) λT , d) λR , e) λV , f) MCH, g) PC, h) EV, de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> del conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de Durango. | 2626 |
| Figura 6 Comparación de medias de t de Student para los conjuntos 1 (anillos del 2 al 6) y el conjunto 2 (anillos del 7 al 11) en el eje radial para la variable Db de <i>Pinus greggii</i> Engelm. var. <i>greggii</i> de la plantación de 11 años de Durango. | 2929 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|------|
| Anexo 1. Diferencias encontradas por variable en la preparación del sitio de la discriminación de los últimos 4 años..... | 3939 |
| Anexo 2. Transformaciones utilizadas para normalidad de las propiedades físicas de la madera estudiada | 4039 |
| Anexo 3. Características higroscópicas de maderas mexicanas | 5040 |
| Anexo 4. Nomenclatura de corridas de SAS | 50 |

RESUMEN

En el presente trabajo se determinaron 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* Engelm var. *greggii*, con base en una probeta definitiva la cual se obtuvo de cada uno de los anillos de crecimiento de las plantaciones forestales comerciales de 7 y 11 años provenientes de dos localidades en Durango, México. Con base en dichas propiedades la madera se clasificó de acuerdo con la metodología propuesta por Sotomayor y Ramírez (2013). Las propiedades se usaron para determinar la variación entre dos métodos de preparación de sitio de las plantaciones comerciales, así como en los ejes axial y radial.

Las propiedades físicas que se estudiaron fueron: densidad básica (Db), higrorcontracción longitudinal (βL), higrorcontracción tangencial (βT), higrorcontracción radial (βR), higrorcontracción volumétrica (βV), punto de saturación de fibra (PSF), coeficiente de higrorcontracción tangencial (λT), coeficiente de higrorcontracción radial (λR), coeficiente de higrorcontracción volumétrica (λV), relación anisotrópica ($\beta T/\beta R$), máximo contenido de humedad (MCH), pared celular (PC) y espacios vacíos (EV). Un análisis de comparación de medias, con t-Student, se usó para comparar los dos métodos de preparación así como la comparación de los tipos de madera encontrada en el eje radial de la plantación de 11 años de edad.

Las 12 propiedades físicas estudiadas se clasificaron como: muy bajas (βT y $\beta T/\beta R$), bajas (Db , βV , PSF, λT , λV y PC), media (λR) y alta (βR , MCH Y EV).

En cuanto a la variación entre plantaciones se presentó diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) en ocho de las 12 propiedades: Db , PSF, λT , λR , λV , MCH, PC y EV. Estas diferencias pudiesen ser debidas al ambiente, atribuidas, por ejemplo, a las variables climatológicas, ocasionado a que las plantaciones se establecieron en diferentes años. Así mismo en cuanto a la variación en el eje radial se encontró diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) en ocho propiedades físicas: Db , βR , βV , λR , λV , MCH, PC y EV; evidenciando diferencias significativas ($P < 0.05$) solamente en λT , $\beta T/\beta R$. La variación radial, presenta en la Db , menores valores entre el año dos y el siete, lo cual puede indicar la presencia de madera

juvenil en esta especie. No se detectaron diferencias en ninguna de las 12 propiedades físicas estudiadas, para el eje axial.

Palabras clave: *Pinus greggii*, densidad básica, variación, plantaciones forestales

ABSTRACT

In the present work, 12 wood physical properties of *Pinus greggii* Engelm var. *greggii*, were determined from tree growth rings of two forest plantations commercial 7 and 11 years-old from two sites in the state at Durango. The wood properties were used to classify according to Sotomayor and Ramírez (2013). Also, the physical properties were used to find variation between the two site preparation methods of the commercial plantations, and on the axial axis and the radial axis.

The physical properties studied were specific gravity (Db), longitudinal shrinkage (β_L), tangential shrinkage (β_T), radial shrinkage (β_R), shrinkage volumetric (β_V), fiber saturation point (FSP), tangential contraction coefficient (λ_T), radial contraction coefficient (λ_R), volumetric hygrocontraction coefficient (λ_V), anisotropy ratio (β_T/β_R), maximum moisture content (MCH), cell wall (PC) and empty spaces (EV). A two means comparison analysis, with t-Student, was used to find differences between two site preparation methods and two types of wood found on the radial axis in the 11 years-old plantations.

The 12 physical properties studied were classified as: very low (β_T and β_T/β_R), low (Db, β_V , PSF, λ_T , λ_V and PC), medium (λ_R) and high (β_R , MCH AND EV).

Regarding the variation between plantations, there was a highly significant difference ($P < 0.0001$) in eight of the 12 properties: Db, PSF, λ_T , λ_R , λ_V , MCH PC and EV. These differences could be due to the environment, in attributes, for example, to climatological variables, caused by plantations being. They established in different years. Likewise, in terms of the variation in the radial axis, a highly significant difference ($P < 0.0001$) was found in eight physical properties: Db, β_R , β_V , λ_R , λ_V , MCH, PC and EV; only significant differences ($P < 0.05$) were found for λ_T , β_T/β_R . The radial variation presents in the Db lower values between year two and seven, which may indicate the presence of juvenile wood in this species. No difference were detected in none of the 12 physical properties studied, for the axial axis.

Keywords: *Pinus greggii*, basic density, variation, forest plantations

1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones forestales es una alternativa para recuperar terrenos degradados, disminuir las tasas de erosión y asegurar el abastecimiento a la industria; en Michoacán se han utilizado, con esa intención, varias especies de coníferas y hojosas, sin embargo, presentan una baja supervivencia y reducidos incrementos, en respuesta a factores como: el establecimiento sin un propósito específico, mala elección de especies, densidades inadecuadas para el buen desarrollo del arbolado y falta de manejo silvícola (Muñoz *et al.*, 2012).

Tradicionalmente, los productos de la industria forestal provienen de bosques naturales; sin embargo, también pueden obtenerse de plantaciones forestales, lo que reduce la presión que se ejerce por el uso de los bosques naturales (Pandey y Brown, 2002).

Por su rápido crecimiento y su buena adaptación a suelos pobres, se ha utilizado la especie de *Pinus greggii* Engelm. en programas de restauración de suelos degradados en el Valle de México; siendo una especie maderable de importancia económica por su gran adaptación en suelos pobres, se ha usado en plantaciones comerciales en Sudamérica y África (Martínez, 1992).

En los últimos 10 años en el estado de Durango se han establecido 4,963 ha de plantaciones comerciales con el objetivo de reconvertir regiones improductivas a productivas (Vázquez-Cisneros *et al.*, 2018). Para activar las regiones improductivas, el estado de Durango, promueve el establecimiento de plantaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* en terrenos agrícolas (Vázquez-Cisneros *et al.*, 2018).

Es importante saber, para qué se desea utilizar un tipo de madera, cuáles son las propiedades de la misma y las condiciones bajo las cuales estará sometida la pieza, según vaya a ser su uso. La característica fundamental de la madera es, que se trata de un material anisotrópico, es decir, que sus propiedades físicas y características mecánicas dependen de la dirección del esfuerzo o trabajo, e

relación a sus fibras, así mismo la madera es un material higroscópico, porque además del agua que contiene su propia constitución, ésta puede aumentar con la humedad del ambiente (Rodríguez, 2013).

Por otra parte, se pueden agregar otras características como la hendibilidad que es la propiedad que tiene la madera de partirse; la dureza que es la resistencia al corte; la flexibilidad donde la madera puede ser curvada sin romperse o deformarse; densidad es el peso específico en relación al peso y su volumen; la retractibilidad que es la contracción que tiene la madera cuando se seca de forma natural; así como la homogeneidad que es cuando la estructura y la composición de las fibras de la madera se presentan de manera uniforme en cada una de sus partes (Rodríguez, 2013).

La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen (Martínez, 2005). La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas de la madera como: la dureza, el peso, la resistencia al impacto y a la abrasión están directamente relacionadas con la densidad; asimismo estas características se asocian con las condiciones climáticas que prevalecen en la región donde los individuos crecen (Rodríguez *et al.*, 2015). De acuerdo con sus características, la madera puede ser empleada en la industria para la fabricación y/o producción de: escuadría, celulosa, triplay, postes, pilotes, leña, carbón y durmientes (Semarnat, 2011). Otro aspecto asociado con la densidad de la madera es su eficiencia como biocombustible, en México el consumo de leña a nivel residencial ocupa el tercer lugar como energético (Sener, 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii*, entre plantaciones determinar la densidad básica, higrocontracción tangencial, higrocontracción radial, higrocontracción volumétrica, punto de saturación de la fibra, coeficiente de higrocontracción tangencial, coeficiente de higrocontracción radial, relación anisotrópica, coeficiente de higrocontracción volumétrica, máximo contenido de humedad, pared celular y espacios vacíos; en las dimensiones axial (en tres alturas) y radial (en 7 y 11 años)

determinar la densidad básica, punto de saturación de la fibra, higrócontracción tangencial, higrócontracción radial e higrócontracción volumétrica de la madera.

1.1 Objetivos

Determinar 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii*, proveniente de dos plantaciones forestales comerciales establecidas en los municipios de Nuevo Ideal y Santiago Papasquiari, Durango.

Estimar la variación entre dos plantaciones, así como en el eje axial y el eje radial de cinco propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii*.

1.2 Hipótesis

Ho: No existe variación entre las propiedades físicas de la madera entre las dos plantaciones estudiadas.

Ho: No hay variación en las propiedades físicas de la madera en el eje axial.

Ho: No existe diferencia en las propiedades físicas de la madera en el eje radial.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del *Pinus greggii* Engelm var. *greggii*

El *Pinus greggii* es una especie endémica del oriente de México de importancia ecológica y económica. Ocurre entre los 20° 13' y los 25° 29' de latitud Norte con una gran brecha de 360 km en la parte central de su rango (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005). Las poblaciones de la especie del norte, se reconocen como *P. greggii* var. *greggii* y a las del sur como *P. greggii* Engelm. var. *australis*. El rango de altitud de la especie es de 1400 a 2613 m sobre el nivel del mar (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005).

Las poblaciones del norte están ubicadas a ± 2450 m con temperaturas medias de $\pm 13^\circ$ C y precipitaciones anuales de ± 640 mm (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005). Las poblaciones se asocian típicamente con especies arbóreas de comunidades más frías y semiáridas, tales como *Juniperus fláccida* Schlechtendal y *Quercus* spp (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005). En general, las poblaciones en el extremo de la distribución natural son más pequeñas y tienen una menor densidad de árboles maduros y plántulas (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005).

Pinus greggii es una especie arbórea de valor económico para las poblaciones humanas que habitan en zonas aledañas a los bosques, se aprovecha para la obtención de madera para la industria del aserrío, y localmente en la obtención de postes para cerca y leña combustible. Además, *P. greggii* ha mostrado altas tasas de crecimiento en altura y diámetro en ensayos de plantaciones (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005).

Darrow y Coetzee (1983) mencionan que esta especie ha demostrado tener un crecimiento de volumen de bueno a muy bueno en comparación con las especies comerciales habituales de pino y también un potencial de mejora considerable, además de mostrar una resistencia a plagas de insectos.

2.2 Propiedades físicas de la madera

2.2.1 Densidad básica de la madera

Es la proporción del peso seco de una muestra al volumen de la muestra a cierto contenido de humedad en verde (ASTM D 9-87, 1999). La densidad de la madera es una propiedad en la cual se puede estimar la calidad de la madera y puede influir en otras propiedades físicas (Rodríguez *et al.*, 2015).

Para llevar a cabo el cálculo de la densidad básica de la madera, se utilizó la fórmula propuesta por Smith (1954) usada por Goche (2019). Donde se usa el peso verde (peso inicial), peso seco (peso anhidro) así como un valor promedio del peso específico real de la materia leñosa de la pared celular de 1.53 g.cm^{-3} ; Obteniendo la densidad básica por cada anillo de crecimiento.

2.2.2 Higocontracción longitudinal

El que la madera se caracterice por ser un material higroscópico implica que el agua tanto en forma líquida como en forma de vapor influye en su respuesta. La madera es un material higroscópico que tiende a absorber o perder agua según las condiciones del ambiente (humedad relativa y temperatura del aire). De esta forma a cada estado ambiental corresponde un grado de humedad de la madera, llamado humedad de equilibrio higroscópico (HEH) (Morales, 2003).

La contracción es la disminución del volumen de una pieza de madera, al perder humedad por debajo del punto de saturación de las fibras hasta el estado anhidro (Suirezs, 2009).

2.2.3 Higocontracción tangencial

Es la reducción de las dimensiones debido a la reducción del contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra de una sección longitudinal a través del árbol perpendicular al radio (ASTM D 9-87, 1999).

2.2.4 Higocontracción radial

Es la reducción de las dimensiones debido a la reducción del contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra de una sección longitudinal en un plano que pasa por la médula del árbol (ASTM D9-87, 1999).

2.2.5 Higocontracción volumétrica

Se utiliza el concepto de contracción volumétrica como la media de la estabilidad dimensional y para comparación entre especies (Ricalde, 1989). De manera que es la reducción en todas las dimensiones debido a la reducción del contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra (ASTM D9-87, 1999).

2.2.6 Punto de saturación de fibra

Se puede definir como aquel en el que la madera no contiene agua libre en los espacios intercelulares y celulares, pero las paredes de las fibras se encuentran saturadas (Hoffmeyer, 1995).

2.2.7 Coeficiente de higocontracción tangencial

Una de las características de la madera es el cambiar sus dimensiones al modificar las condiciones de humedad del medio donde se encuentra ubicada, esto se liga fuertemente al contenido de humedad de la madera (Ricalde, 1989).

2.2.8 Coeficiente de higocontracción radial

Una de las características de la madera es cambiar sus dimensiones al modificar las condiciones de humedad del medio en la que está ubicada, esto está fuertemente ligado a el contenido de humedad (Ricalde, 1989). Las diferencias entre las contracciones radiales y tangenciales se explican por las características anatómicas (Ricalde, 1989).

2.2.9 Coeficiente de higocontracción volumétrica

La higroscopicidad puede definirse como la capacidad para absorber la humedad atmosférica y mantenerla en forma líquida o vapor (Sotomayor *et al.*, 2020). La madera es un material higroscópico porque puede retener y liberar masa de agua, tanto a nivel intermolecular, como entre su estructura anatómica (Sotomayor, 2016). Este fenómeno se da preferentemente en el dominio higroscópico de la madera, el cual va desde un contenido de humedad nulo, donde el peso de la madera corresponde únicamente al de la sustancia lignocelulósica, hasta el contenido de humedad congruente con el punto de saturación de la fibra (Sotomayor, 2016).

2.2.10 Relación anisotrópica

En este caso se trata del cociente resultante de la contracción por secado radial y de la contracción por secado tangencial; por supuesto válido para el cambio de humedad que ocurre en la madera del punto de saturación de la fibra al 12% (Fuentes-Talavera, *et al.* 2002)

2.2.11 Máximo contenido de humedad

La madera es un material higroscópico que tiende a absorber o perder agua según la humedad relativa del medio ambiente que lo rodea y se define como la relación que existe entre el peso del agua que contiene la madera y el peso anhidro de ésta (Echenique-Manrique, 1989).

2.2.12 Pared celular

La pared celular es una estructura que da rigidez y forma a las células vegetales, compuesta de azúcares simples y monosacáridos asociados en cadenas que forman microfibras (Arredondo-Santoyo y Vazquez-Marrufo, s.f.).

2.2.13 Espacios vacíos

Se puede definir como los espacios intercelulares y celulares que contiene la madera y aquellos en los que se puede encontrar agua libre (Suirezs, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó con muestras provenientes de dos plantaciones forestales comerciales, cuya ubicación se encuentra en los municipios de Nuevo Ideal y Santiago Papasquiario en el estado de Durango, en las coordenadas 105°5'55.75" O y 24°52'38.65" N a una altitud de 1,995 msnm y 105°14'12.93" O y 25°7'28.36" N a una altitud de 1,750 msnm respectivamente. (Figura 1)

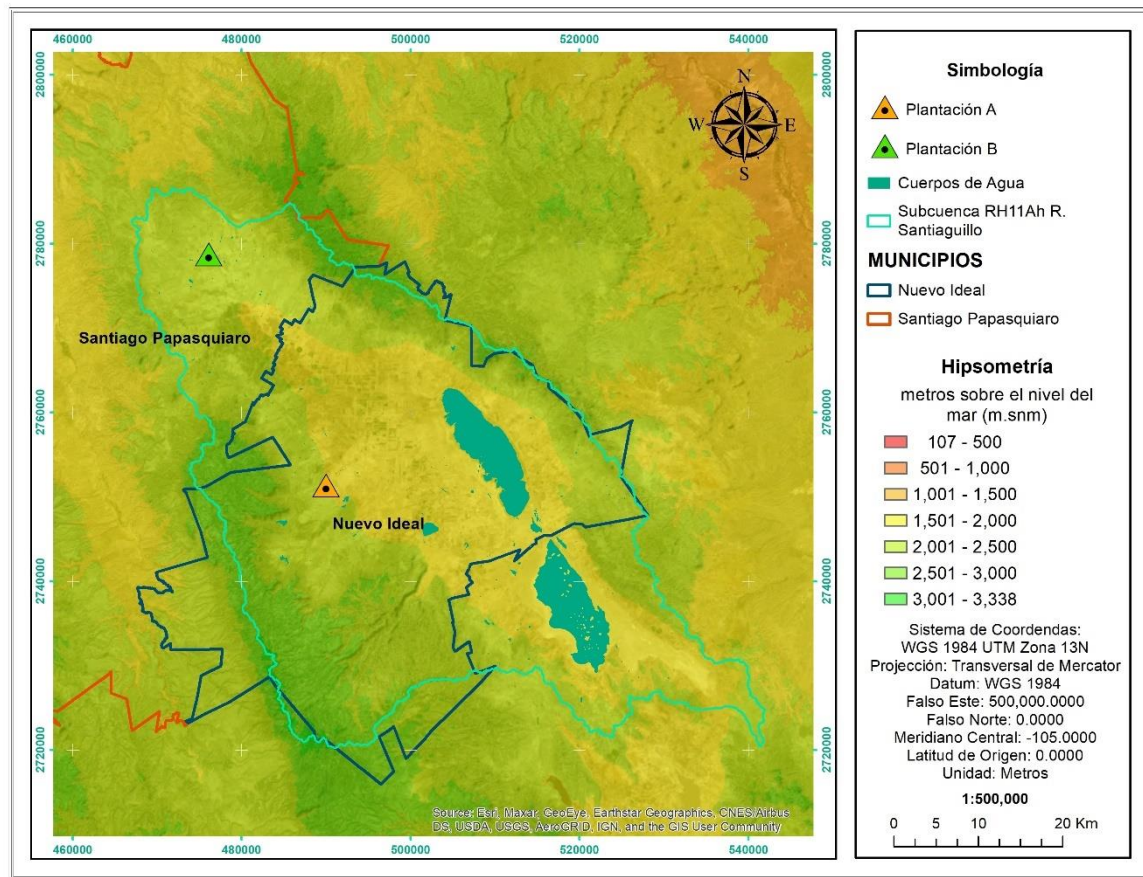


Figura 1. Ubicación del área de la colecta de muestras de madera de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en el estado de Durango

3.2 Descripción del área de estudio

3.2.1 Fisiografía

En el territorio de Nuevo Ideal al este se encuentra la Sierra de San Francisco, al oeste ramales de la Sierra Madre Occidental, al centro de la sierra de la Magdalena, al sureste la Sierra de Coneto y al noroeste la Sierra de Santiago (Estudio Regional Forestal UMAFOR, 2008).

El territorio de Santiago Papasquiaro consta de dos regiones distintas, la occidental que se extiende a través de las altas cumbres de la Sierra Madre Occidental hasta la zona de las quebradas, y la porción septentrional del Valle de Guatimapé. (Estudio Regional Forestal UMAFOR, 2009)

3.2.2 Hidrología

Los municipios de Nuevo Ideal y Santiago Papasquiaro se encuentra dentro de la subcuenca Laguna de Santiaguillo, que pertenece a la cuenca Río de San Pedro, que se encuentra de los 1690 a 3200 msnm con una superficie de 2542.16 km² demarcada por macizos montañosos dando lugar en su interior a un amplio valle en cuya parte baja se localiza la sub cuenca Laguna de Santiaguillo (Gutiérrez 2022)

3.2.3 Geología

Las estructuras regionales que conforman el área corresponden a una parte de las fosas tectónicas de la Laguna de Santiaguillo y del Río Santiago, limitadas por el pilar tectónico de la sierra del Epazote. (Secretaría de Economía, 2000). Se identifican rocas ígneas extrusivas y sedimentarias. Como unidades litológicas, se presentan basalto, conglomerado, aluvial, lacustre, entre otras (Estudio Regional Forestal UMAFOR, 2008).

3.2.4 Suelo

Los suelos dominantes que se encuentran en la subcuenca de Laguna de Santiaguillo donde se encuentra el área de estudio que son dos plantaciones forestales comerciales, corresponden a suelos feozem, leptosol y regosol. De manera más específica dentro del área determinada de las plantaciones se encuentra únicamente suelo tipo feozem

(Gutiérrez, 2022).

El uso y manejo de este tipo de suelos varía ampliamente. Su fertilidad es variable y su uso agrícola está condicionado principalmente a su profundidad y a la pedregosidad que presenten. En este tipo de suelo se pueden desarrollar diferentes tipos de vegetación. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque. La Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) que cubre una gran parte del suelo es la "Re+I+Hh/2/L" que corresponde al tipo regosol éutrico y como suelos secundarios el litosol y feozem háplico, con textura media y una fase física de tipo lítica (UMAFOR, 2009)

3.2.5 Clima

El área de estudio se encuentra en una zona con clima semiseco templado representado como BS1kw que se caracteriza por temperatura media anual de 16° C, con una precipitación total anual de 475 mm, en los meses que se presenta mayor precipitación son mayo y junio (García, 1964).

3.2.6 Vegetación

En el municipio de Nuevo Ideal se encuentra la vegetación de dos ecosistemas: bosques y zonas semiáridas los cuales son los siguientes: bosque de coníferas cerrado, bosque de coníferas y latifoliadas abierto y cerrado, bosque de latifoliadas cerrado, chaparrales, matorral xerófilo, agricultura de riego, agricultura de temporal, pastizales, matorral de coníferas, zonas urbanas. (UMAFOR, 2008).

En el municipio de Santiago Papasquiaro el 49.4% pertenecen a bosque de coníferas abierto, el 10.2% corresponde a bosque de coníferas y latifoliadas cerrado, el 7.8% corresponde a agricultura de temporal, el 14.6% lo conforman pastizales, el 6.4% corresponden a selva baja y el 0.4% está constituido por zonas urbanas (UMAFOR, 2009).

3.3 Características de la plantación

A las plantaciones se les dio una letra para identificación de procedencias, siendo la plantación ubicada en el municipio de Nuevo Ideal como plantación “A”, establecida en el año 2014. Para su establecimiento se realizó la preparación del terreno con una rastra Savannah, el cual es un implemento especializado para este fin, con un sistema de plantación de marco real con un espaciamiento de 2.70 m entre plantas y 3.00 m entre filas, teniendo una densidad de 1,250 árboles por hectárea, ésta contaba de una edad de 7 años al momento de la colecta de las muestras.

La plantación ubicada en el municipio de Santiago Papasquiaro se nombró plantación “B”, ésta se estableció en el año 2010 y para la cual se realizó una preparación del terreno con implemento agrícola. Los árboles se establecieron con un sistema de plantación de marco real, contando con un distanciamiento entre plantas de 2.50 m y 2.70 m entre filas, teniendo una densidad de 1,750 plantas por hectárea y contando con una edad de 11 años al momento de la colecta de las muestras.

3.4 Trabajo en campo

Se colectaron las muestras de madera en dos plantaciones comerciales establecidas en los municipios de Nuevo Ideal (plantación “A”) con una edad de 7 años al momento de su corta y Santiago Papasquiaro (plantación “B”) con una edad de 11 años al momento de su corta.

Se realizó un muestreo con base en un diseño de tipo selectivo. De acuerdo con criterios fenotípicos se extrajeron 11 árboles por plantación. Los individuos fueron los más representativos y se usó el procedimiento de muestreo descrito en la norma ASTM D143-94.

De dicho muestreo se obtuvieron rodajas a determinadas alturas (0.10, 0.30 y 1.30 m) con el propósito de estudio. Se tuvo especial cuidado en el marcado de cada sección transversal colectada. Se asignó una nomenclatura específica para cada plantación ("A" para Nuevo Ideal y "B" para Santiago Papasquiari), árbol (del 1 al 11) y altura ("1" para 0.10, "2" para 0.30 y "3" para 1.30 m). Se obtuvieron tres secciones transversales, la primera de 20 cm de espesor, la segunda y tercera de 30 cm de espesor a 0.10, 0.30 y 1.30 m de altura, respectivamente. Así mismo se colocó una marca para indicar el "Norte" en cada sección transversal. Este material se trasladó al Laboratorio de Ingeniería Forestal del Departamento Forestal de la UAAAN.

3.5 Elaboración de probetas

En el laboratorio se obtuvieron secciones transversales de 40 mm de espesor para cada una de las tres alturas (0.10, 0.30 y 1.30 m) por árbol. Los cortes correspondientes se llevaron a cabo con una motosierra marca Husqvarna modelo 450 X-TORQ. En cada rodaja obtenida se continuó respetando la nomenclatura establecida y marcando una línea central orientada Norte-Sur.

De las rodajas de 40 mm de espesor, se procedió a la elaboración de las probetas iniciales (Figura 2). Se utilizó una sierra de banco marca Stanley modelo STST1825-B3 con una sierra disco de 10" (254 mm). Se obtuvieron de cada rodaja una pieza de madera (probeta inicial) de 10 mm de ancho por 20 mm de espesor, para lo cual se consideró el diámetro total de la rodaja. Una vez obtenidas las probetas, se evaluó el tamaño óptimo para realizar la separación por anillo, por lo que se decidió

modificar la probeta inicial a 8 mm de ancho por 10 mm de espesor. Se marcó cada probeta con la nomenclatura original para poder conocer su origen y posición.

Estas probetas iniciales se sometieron a inmersión en agua destilada para hidratarlas y proceder a la separación de sus anillos a partir de la médula. Obteniendo de esta forma las probetas definitivas a estudiar (Figura 3). Lo anterior con base en la metodología utilizada por Goche, *et al.* (2015). Esto se realizó para cada altura de cada árbol de ambas plantaciones.

Una vez separados los anillos denominados probetas definitivas se mantuvieron sumergidos en agua destilada para mantenerlos en saturación. En este punto se determinó el peso verde y volumen verde para lo cual se midieron los planos tangencial, radial y axial con ayuda de un vernier marca Steren modelo HER-411. Para el peso se utilizó una balanza de precisión de milésimas de gramo marca AND modelo HR-200.

Posteriormente se procedió al secado de las muestras utilizando una estufa de secado marca Arsa modelo AR-290D a $100^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante según la norma ASTM (ASTM D 2395-02, 2002). Una vez secadas las muestras se registró el peso seco y se obtuvo volumen seco midiendo los planos tangencial, radial y axial con ayuda de un vernier.

Se denominó probeta definitiva a cada anillo de crecimiento. Para las cuales se determinaron las siguientes propiedades físicas de la madera: Densidad básica (D_b), higocontracción tangencial (β_T), higocontracción radial (β_R), higocontracción volumétrica (β_V), punto de saturación de fibra (PSF), coeficiente de higocontracción tangencial (λ_T), coeficiente de higocontracción radial (λ_R), relación anisotrópica (β_T/β_R), coeficiente de higocontracción volumétrica (λ_V), máximo contenido de humedad (MCH), pared celular (PC) y espacios vacíos (EV) (Cuadro 1).

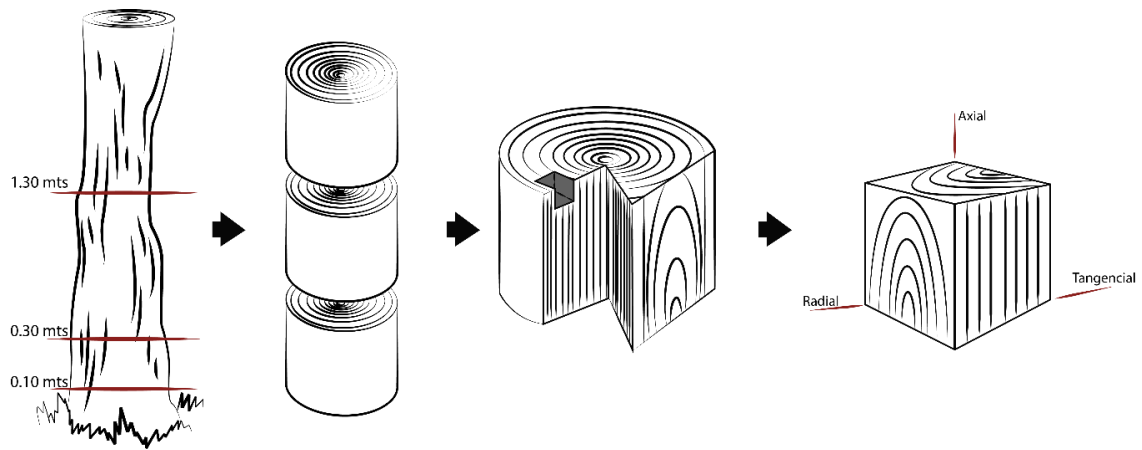


Figura 2. Representación del procedimiento para la elaboración de probetas.

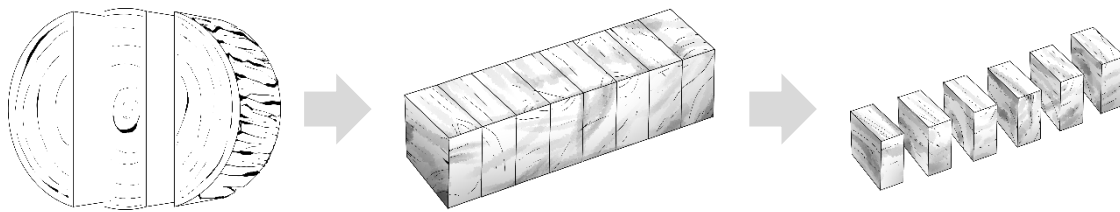


Figura 3. Representación del procedimiento para la elaboración de probetas definitivas

Cuadro 1. Propiedades físicas de la madera estudiadas y la fórmula para su cálculo del valor y fuente de origen.

| Símbolo | Propiedad | Fórmula | Fuente |
|-------------------|--|--|----------------------------|
| Db | Densidad básica de la madera | $Db = \frac{1}{\frac{Pi - Po}{Po} + 1.53}$ | Goche (2019) |
| βL | Higrocontracción longitudinal | $\beta L = \left(\frac{Lw - Lo}{Lw} \right) * 100$ | Fuentes (2002) |
| βT | Higrocontracción tangencial | $\beta T = \left(\frac{Tw - To}{Tw} \right) * 100$ | Fuentes (2002) |
| βR | Higrocontracción radial | $\beta R = \left(\frac{Rw - Ro}{Rw} \right) * 100$ | Fuentes (2002) |
| βVt | Higrocontracción volumétrica | $\beta Vt = \beta L + \beta T + \beta R$ | Fuentes (2002) |
| PSF | Punto de Saturación de fibra | $PSF = \frac{\beta Vt}{(0.9 \times Db)}$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |
| λT | Coefficiente de higrocontracción tangencial | $\lambda T = \frac{\beta T}{PSF}$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |
| λR | Coefficiente de higrocontracción radial | $\lambda R = \frac{\beta R}{PSF}$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |
| λV | Coefficiente de higrocontracción volumétrica | $\lambda V = \frac{\beta V}{PSF}$ | Sotomayor y Ramírez (2014) |
| $\beta T/\beta R$ | Relación anisotrópica | $\beta T/\beta R = \frac{\beta T}{\beta R}$ | Fuentes (2002) |
| MCH | Máximo contenido de humedad | $MCH = \left(\frac{1.53 - Db}{1.53 * Db} \right) * 100$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |
| PC | Pared celular | $PC = \left(\frac{Db}{1.53} \right) * 100$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |
| EV | Espacios vacíos | $EV = \left(1 - \frac{Db}{1.53} \right) * 100$ | Sotomayor y Ramírez (2013) |

1.53 = peso específico real del material leñoso de la pared celular ($g.cm^{-3}$), Pi = Peso saturado (g), Po = Peso anhidro (g), Lw =Dimensión del eje longitudinal en estado saturado de humedad (mm), Lo = Dimensión del eje longitudinal en estado anhidro (mm), Tw =Dimensión del eje tangencial en estado saturado de humedad (mm), To = Dimensión del eje tangencial en estado anhidro (mm), Rw =Dimensión del eje radial en estado saturado de humedad (mm), Ro = Dimensión del eje radial en estado anhidro (mm).

3.6 Criterios de clasificación para las 12 propiedades físicas de la madera.

De acuerdo con la metodología de Sotomayor y Ramírez (2013) se clasificaron las propiedades físicas de la madera estudiadas considerando la media aritmética y desviación estándar en una distribución normal.

Se presenta una tabla con 252 datos de 135 especies incluyendo las de *Pinus greggii* determinadas en el presente estudio (Anexo 2) y con base a esos datos se clasificaron en cinco criterios (Cuadro 2) las 12 propiedades físicas de la madera estudiadas.

Las gráficas resultantes muestran el eje de las ordenadas la variable a clasificar y en el eje de las abscisas se encuentran los datos para generar la dispersión.

Cuadro 2. Criterios de clasificación de acuerdo a una distribución normal para las 12 propiedades estudiadas

| Criterio | Símbolo | Intervalo |
|----------|---------|---|
| Muy Bajo | MB | $< \bar{X} - \sigma$ |
| Bajo | BA | $\bar{X} - \frac{\sigma}{2}$ y $\bar{X} - \sigma$ |
| Medio | ME | $\bar{X} - \frac{\sigma}{2}$ y $\bar{X} + \frac{\sigma}{2}$ |
| Alto | AL | $\bar{X} + \frac{\sigma}{2}$ y $\bar{X} + \sigma$ |
| Muy Alto | MA | $> \bar{X} + \sigma$ |

Fuente. Sotomayor y Ramírez, 2013. Densidad y características higroscópicas de maderas mexicanas

3.7 Análisis estadístico

Para determinar los valores de las 12 propiedades físicas estudiadas con base a las fórmulas descritas (Cuadro 1), se utilizó el programa Microsoft Office Excel 2019 en el cual se generó la base de datos para su posterior análisis.

Una vez generados los valores de las 12 propiedades se procesaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4. Se realizó un análisis con el PROC VARCOMP de SAS (Anexo 4.1) para estimar los componentes de varianza para los dos tipos de preparación del sitio en las plantaciones, así como para los ejes radial y axial. Los valores de las 12 propiedades analizadas se sometieron a una prueba de normalidad con el PROC UNIVARIATE del SAS. Se hicieron diferentes transformaciones para lograr el cumplimiento de normalidad (Anexo 4.2)

Posteriormente, se realizaron análisis de comparación de dos medias mediante el PROC TTEST de SAS (Anexo 4.8 y 4.9) para cada una de las 12 propiedades físicas de la madera (Db , β_T , β_R , β_V , PSF , λ_T , λ_R , β_T/β_R , λ_V , MCH , PC y EV). En un análisis, la prueba comparó el valor medio de las propiedades físicas determinadas en los dos tipos de preparación del sitio, que corresponde cada uno a una plantación. Otro análisis comparó las propiedades físicas en la plantación de 11 años de edad; para ello se hicieron dos grupos de anillos, uno de ellos conformado por los primeros cinco anillos, de la periferia hacia el centro del 7 al 11, al cual le llamó madera normal; y el otro grupo de anillos se conformó por los siguientes cinco anillos hacia la médula, del 2 al 6, y se le denominó madera anormal. El anillo adyacente a la médula no se incluyó debido a su alta heterogeneidad. Todas las pruebas de comparación de medias se hicieron al $\alpha = 0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* de dos plantaciones y su clasificación

La densidad básica promedio de todas las muestras de madera de *Pinus greggii* var. *greggii* de dos plantaciones comerciales en dos localidades del estado de Durango fue de 0.43 g cm^{-3} . Con base en la metodología propuesta por Sotomayor y Ramírez (2013), en este estudio la madera se clasificó como una densidad básica “baja”, esto utilizando los valores reportados por dichos autores así como, con los valores obtenidos por Gómez (2021) y los propios del presente estudio. Además, se proporciona la clasificación de las 12 propiedades físicas de la madera estudiadas de acuerdo al criterio establecido por Sotomayor y Ramírez (2013) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Clasificación de las propiedades físicas de la madera de acuerdo a su criterio con base en la media

| Propiedades físicas | Media | Criterio | Símbolo |
|---------------------|---------|----------|---------|
| Db | 0.439 | Baja | BA |
| βT | 5.336 | Muy bajo | MB |
| βR | 5.611 | Alto | AL |
| βV | 10.92 | Bajo | BA |
| PSF | 28.662 | Bajo | BA |
| λT | 0.204 | Bajo | BA |
| λR | 0.191 | Medio | ME |
| $\beta T/\beta R$ | 1.414 | Muy bajo | MB |
| λV | 0.395 | Bajo | BA |
| MCH | 171.227 | Alto | AL |
| PC | 28.693 | Bajo | BA |
| EV | 71.307 | Alto | AL |

Datos estadísticos para las propiedades físicas de la madera Db= Densidad básica, βT =higrocontracción tangencial, βR = Higrocontracción radial, βV = Higrocontracción volumétrica, PSF= Punto de saturación de la fibra, λT = Coeficiente de higrocontracción tangencial, λR = Coeficiente de higrocontracción radial, $\beta T/\beta R$ = Relación anisotrópica, λV = Coeficiente de higrocontracción volumétrica, MCH= Máximo contenido de humedad, PC= Pared celular, EV= Espacios vacíos

Se procesaron 549 observaciones con las 12 propiedades estudiadas. Los valores generales de la estadística descriptiva de dichas propiedades (Cuadro 5) indican una gran variabilidad, de acuerdo con el coeficiente de variación, en las propiedades como: β_T , β_R , β_V , PSF, λ_T , λ_R y β_T/β_R . Lo cual se puede atribuir a la variación asociada entre los dos métodos de preparación del sitio, así como aquella relacionada al eje axial.

Cuadro 4. Datos estadísticos para las propiedades físicas de la madera del conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en dos localidades del estado de Durango

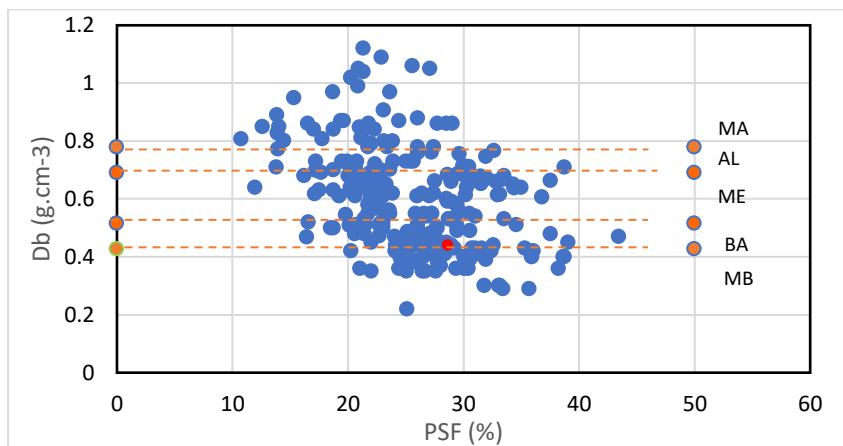
| Propiedades físicas | n | Mínimo | Media | Máximo | Error estándar | CV |
|---------------------|-----|--------|---------|--------|----------------|--------|
| Db | 549 | 0.26 | 0.439 | 0.69 | 0.004 | 20.362 |
| β_T | 549 | 1.33 | 5.336 | 17.57 | 0.101 | 44.45 |
| β_R | 549 | 0.633 | 5.611 | 23.636 | 0.162 | 67.751 |
| β_V | 549 | 1.984 | 10.92 | 25.358 | 0.188 | 40.395 |
| PSF | 549 | 3.89 | 28.662 | 84.09 | 0.545 | 44.539 |
| λ_T | 549 | 0.027 | 0.204 | 0.504 | 0.004 | 40.812 |
| λ_R | 549 | 0.024 | 0.191 | 0.511 | 0.003 | 41.513 |
| β_T/β_R | 549 | 0.088 | 1.414 | 12.405 | 0.049 | 80.932 |
| λ_V | 549 | 0.236 | 0.395 | 0.625 | 0.003 | 20.354 |
| MCH | 549 | 78.73 | 171.227 | 316.32 | 1.897 | 25.963 |
| PC | 549 | 17.12 | 28.693 | 45.36 | 0.249 | 20.357 |
| EV | 549 | 54.64 | 71.307 | 82.88 | 0.249 | 8.191 |

CV= Coeficiente de Variación, Db= Densidad básica, β_T =higrocontracción tangencial, β_R = Higrocontracción radial, β_V = Higrocontracción volumétrica, PSF= Punto de saturación de la fibra, λ_T = Coeficiente de higrocontracción tangencial, λ_R = Coeficiente de higrocontracción radial, β_T/β_R = Relación anisotrópica, λ_V = Coeficiente de higrocontracción volumétrica, MCH= Máximo contenido de humedad, PC= Pared celular, EV= Espacios vacíos

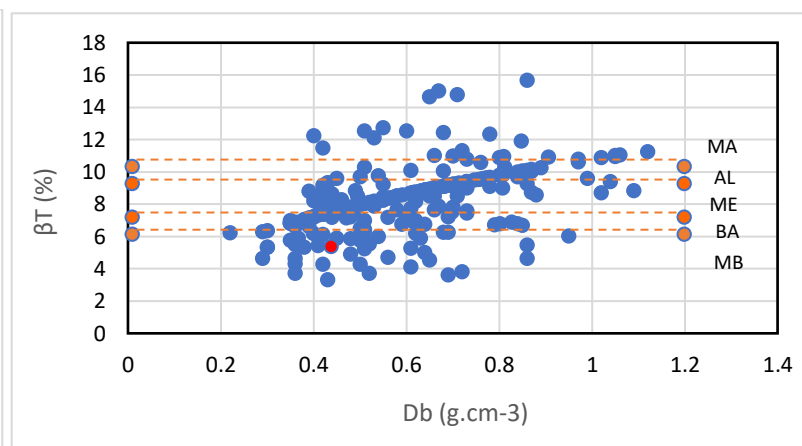
La densidad es una característica importante de la madera, porque determina el valor y utilidad de la misma y está altamente relacionada con otras propiedades físicas. (Gutiérrez *et al.*, 2010). La densidad de la madera es propia de cada especie vegetal, depende de la cantidad y tipo de elementos celulares que la constituyen (Martínez 2005). Lo anterior podría explicar que el valor obtenido en el presente estudio de 0.43 g.cm^{-3} , sea ligeramente mayor a lo reportado por Gómez (2021), en

una plantación de 29 años establecida en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de *Pinus greggii*, var. *greggii* el cual fue de 0.42 g.cm^{-3} . Sin embargo, ambos valores quedan clasificados como una densidad “baja” (Figura 4); de acuerdo a la metodología utilizada para dicha clasificación. Por otra parte, en un ensayo genético de *Pinus greggii* establecido en Coatepec, Veracruz Alba-Landa (2005), reporta una densidad de 0.37 g.cm^{-3} en un promedio de tres procedencias, la cual, de acuerdo a la clasificación generada en la presente investigación se ubica en “muy baja”.

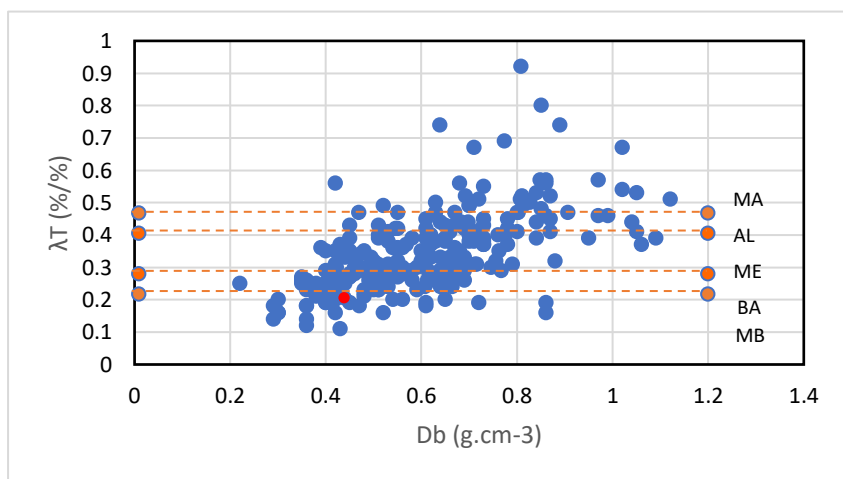
a)



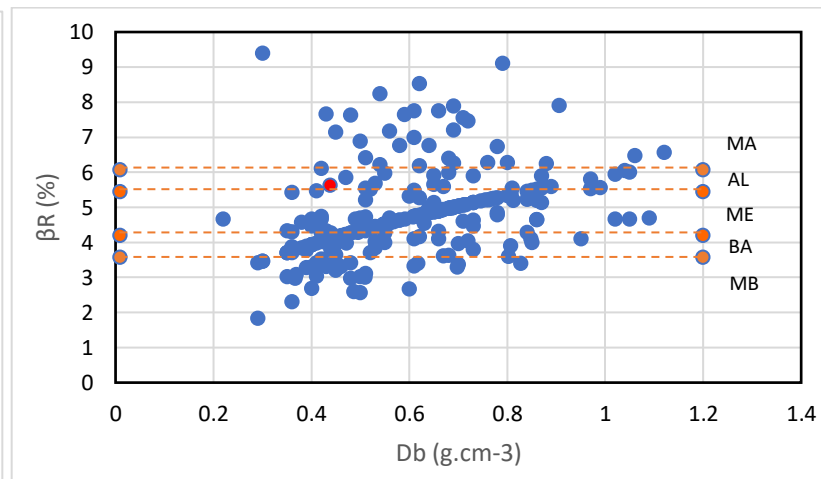
b)



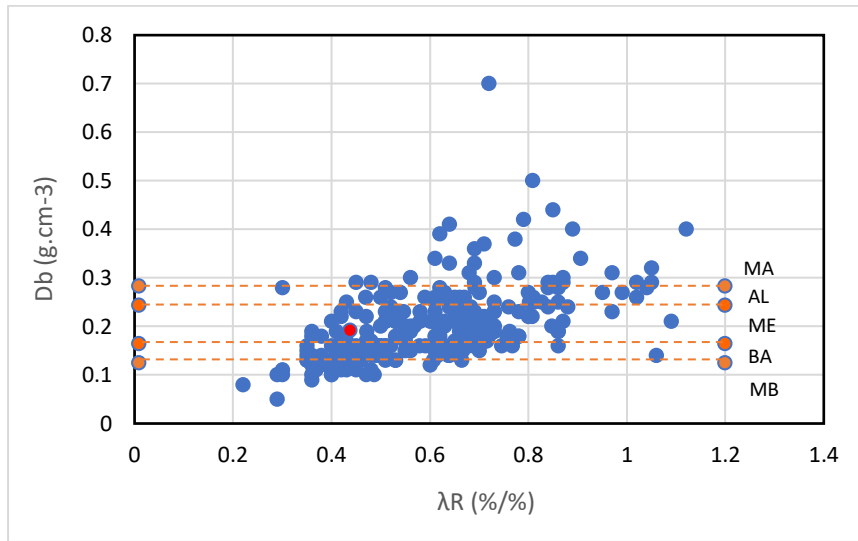
c)



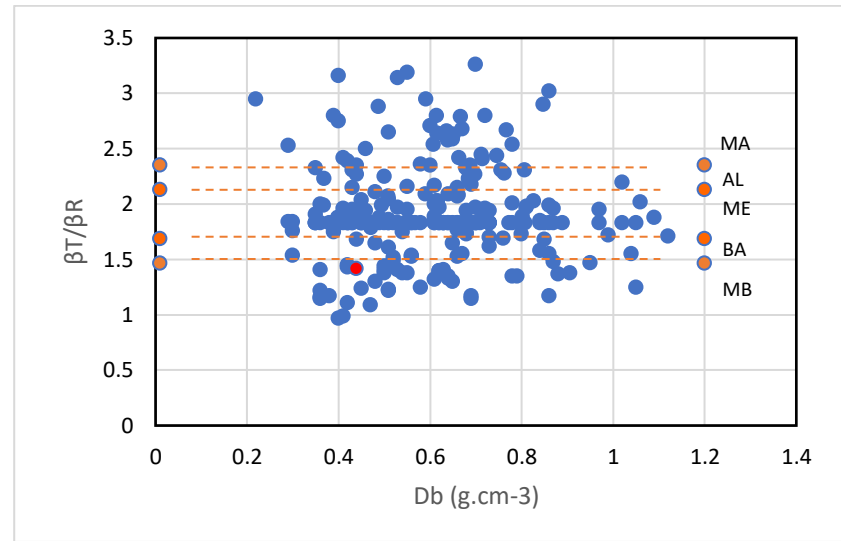
d)



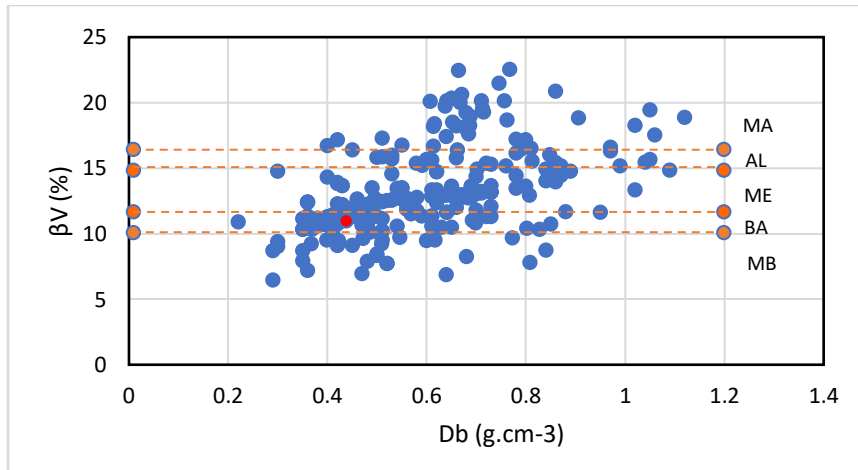
e)



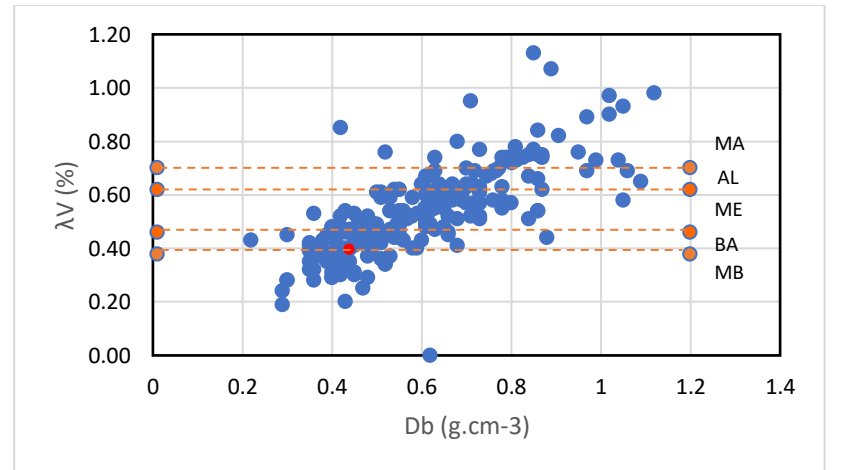
f)



g)



h)



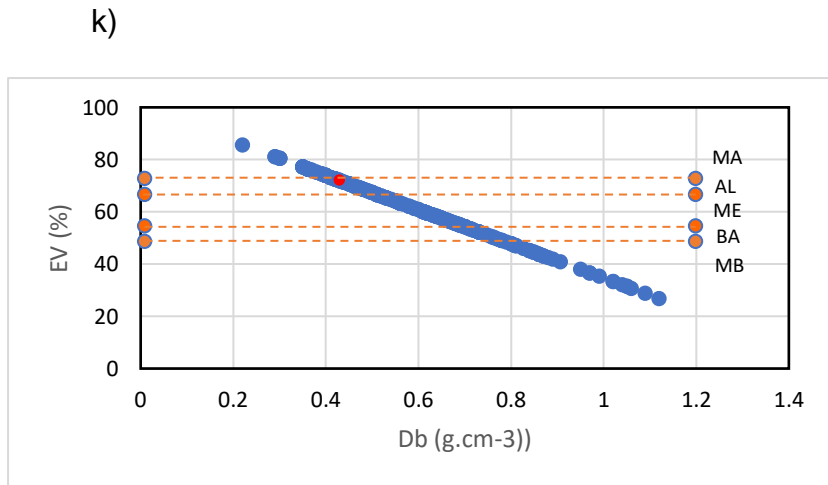
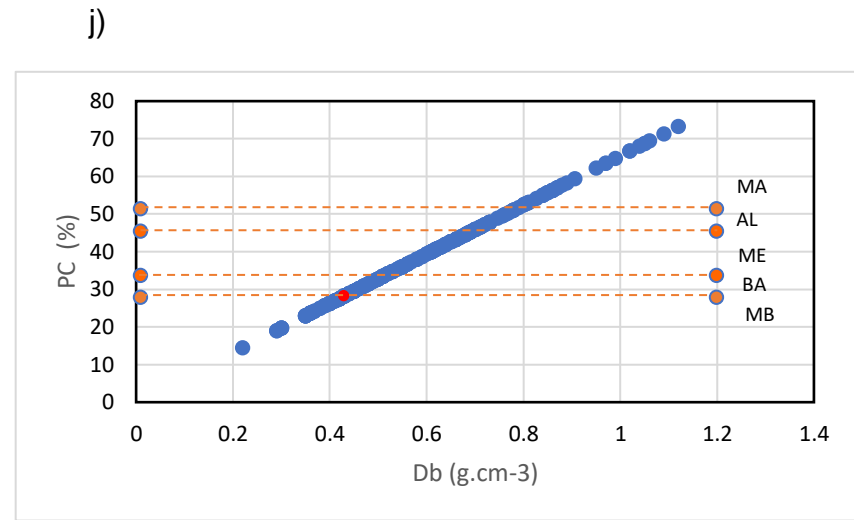
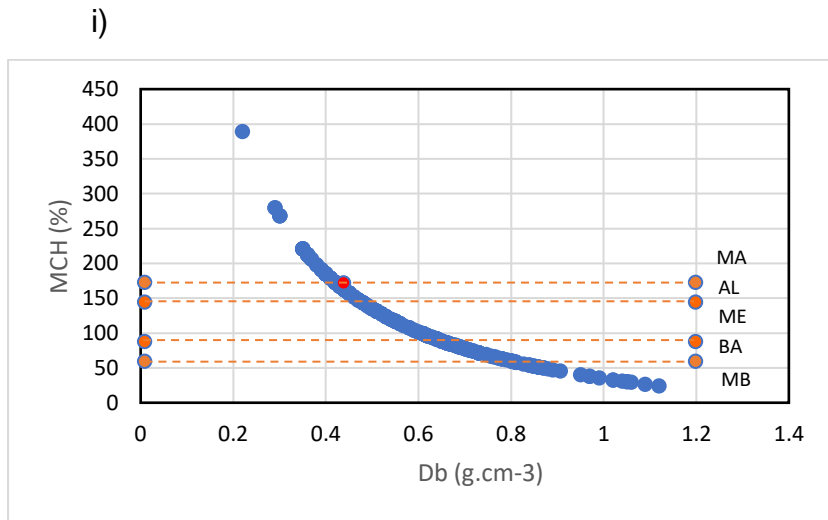


Figura 4 Distribución de valores e intervalos para las propiedades físicas de la madera a) Db, b) β_T , c) λ_T , d) β_R , e) λ_R , f) β_T/β_R , g) β_V , h) λ_V , i) MCH, j) PC, k) EV, de *Pinus greggi* Engelm. var. *goggii* de un conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de Durango con base en la metodología propuesta por Sotomayor y Ramírez (2013)

4.2. Diferencia de las propiedades físicas de la madera

4.2.1 Variación entre plantaciones

El análisis estadístico de t-Student señaló diferencias significativas en algunas de las variables utilizadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* entre dos plantaciones

| Propiedades físicas | Medias de preparación del sitio | | Significancia |
|---------------------|---------------------------------|----------|---------------|
| | A | B | |
| Db | 0.5059 | 0.3997 | <0.0001 |
| βT | 5.1043 | 5.4745 | 0.2714 |
| βR | 5.4094 | 5.7307 | 0.7621 |
| βV | 10.5128 | 11.1624 | 0.9395 |
| PSF | 24.1884 | 31.3285 | <0.0001 |
| λT | 0.2339 | 0.1864 | <0.0001 |
| λR | 0.221 | 0.1737 | <0.0001 |
| $\beta T/\beta R$ | 1.4314 | 1.4029 | 0.1419 |
| λV | 0.4549 | 0.3595 | <0.0001 |
| MCH | 142.1033 | 188.5825 | <0.0001 |
| PC | 33.0384 | 26.1031 | <0.0001 |
| EV | 66.9616 | 73.8969 | <0.0001 |

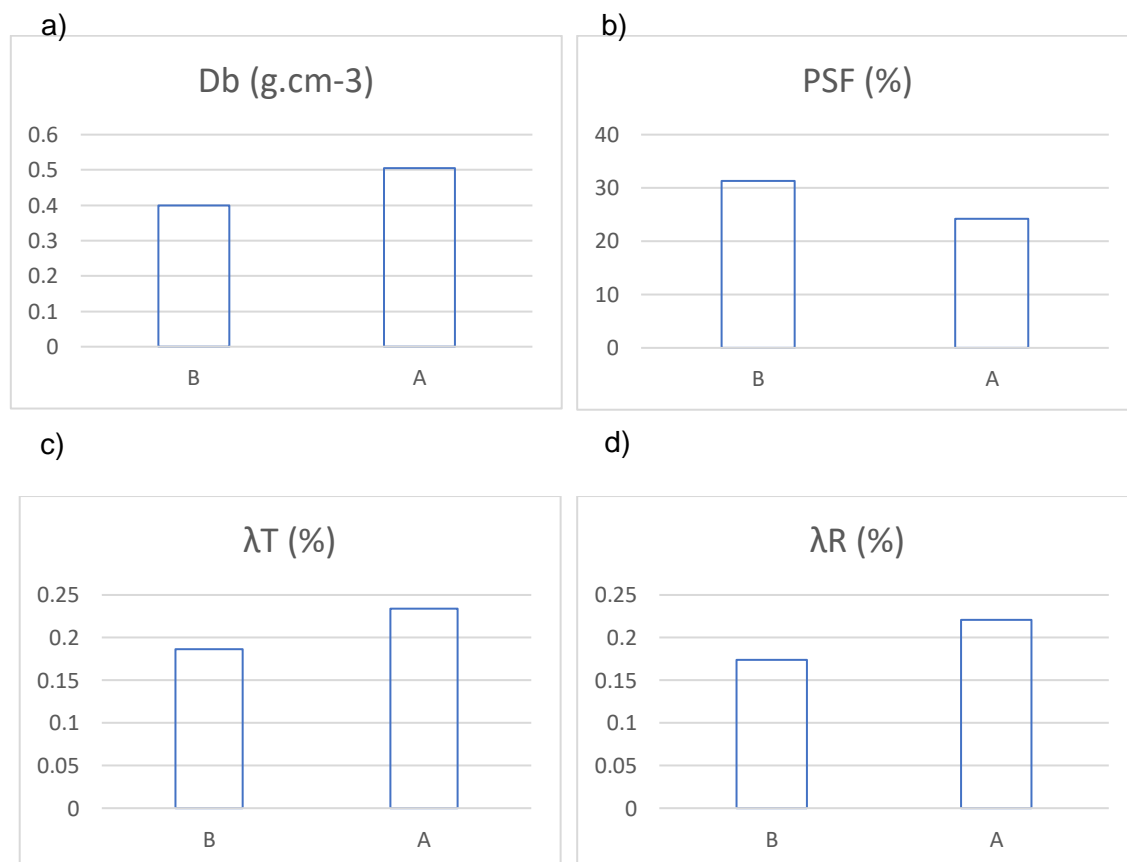
Diferencias encontradas entre las medias en la fuente de variación por preparación del sitio del conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* de Durango en 12 propiedades físicas de la madera y su significancia.

Las propiedades físicas de la madera que presentaron diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) son ocho Db, PSF, λT , λR , λV , MCH, PC y EV.

Una de las propiedades fundamentales que diferencia a la madera de otros materiales es la anisotropía. Esta indica que tiene distintas características y comportamientos, físicos y mecánicos, en relación al sentido tangencial, radial o longitudinal de su fibra. (Álvarez y Lerda, 2011). Álvarez y Lerda (2011) indican que la media del PSF de la madera de *Pinus elliottii* Engelm y *Pinus caribea* Morelet ambos cultivados en Misiones, Argentina es de 19% lo cual difiere a lo determinado en el presente trabajo ya que el PSF de la plantación "B" es de 31%, mientras que la plantación "A" se ubicó en 24% siendo el promedio del conjunto de ambas

plantaciones un valor de 28%. Por su parte, Gómez (2021) reporta 32% de PSF, en una plantación de *P. greggii* establecida en Arteaga, Coahuila.

En base a los datos presentados en el Cuadro 6 donde se muestran las significancia de cada variable estudiada, a continuación se presentan de forma gráfica las comparaciones de las medias de t de Student ($\alpha=0.05$) de las variables que mostraron ser altamente significativas de las plantaciones de 7 años (Plantación "A") y 11 años (Plantación "B") de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* de Durango.



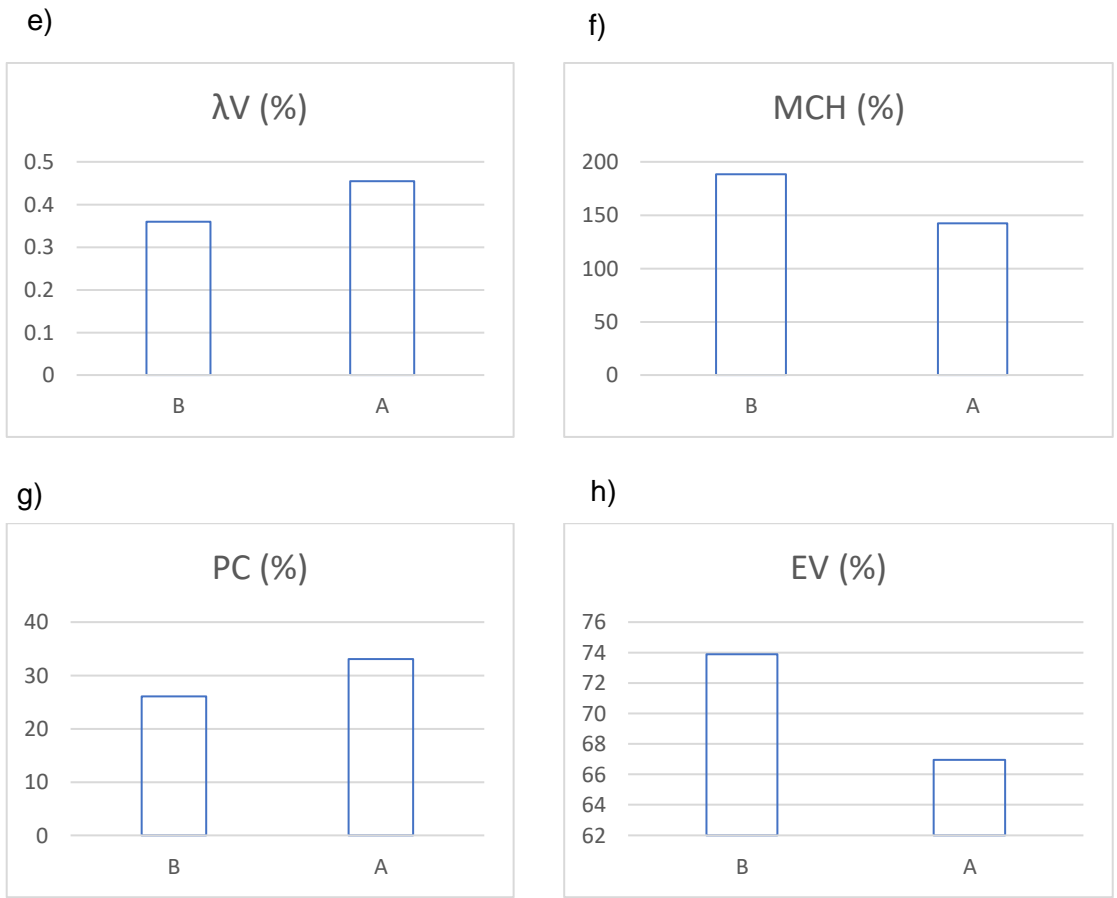


Figura 5 Comparación de medias de t de Student en variación por preparación de sitio para las variables a) Db, b) PSF c) λT, d) λR, e) λV, f) MCH, g) PC, h) EV, de *Pinus greggii* Engelm. del con junto de dos plantaciones de 7 y 11 años de Durango.

Se realizó un análisis estadístico de t-Student del conjunto de las dos plantaciones discriminando los últimos cuatro años de la población de mayor edad esto para determinar si a la misma edad fisiológica de los árboles existe diferencia estadísticamente significativa en alguna propiedad física de la madera (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* entre dos plantaciones a siete años de edad.

| Propiedades físicas | Medias de preparación del sitio | | Significancia |
|----------------------|---------------------------------|---------|---------------|
| | A | B | |
| Db | 0.506 | 0.393 | <.0001 |
| β T | 5.104 | 5.256 | 0.2779 |
| β R | 5.409 | 5.35 | 0.7703 |
| β V | 10.513 | 10.542 | 0.9051 |
| PSF | 24.188 | 30.205 | <.0001 |
| λ T | 0.234 | 0.186 | <.0001 |
| λ R | 0.221 | 0.168 | <.0001 |
| β T/ β R | 1.431 | 1.469 | 0.1555 |
| λ V | 0.455 | 0.353 | <.0001 |
| MCH | 142.103 | 193.801 | <.0001 |
| PC | 33.038 | 25.641 | <.0001 |
| EV | 66.962 | 74.359 | <.0001 |

Diferencias entre las medias encontradas en la fuente de variación por preparación de sitio del conjunto de dos plantaciones de 7 y 7 años de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* de Durango en 12 propiedades físicas de la madera y su significancia.

Tal como se muestra en el Cuadro 6, al comparar ambas plantaciones, en sus 12 propiedades físicas estudiadas, se presenta nuevamente una diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) en ocho propiedades físicas. Esto coincide con la investigación realizada por Gutiérrez-Vázquez y Flores-Montaña (2019), donde encontraron diferencia altamente significativa en la densidad básica de la madera entre rodales semilleros de *Pinus oocarpa* Shiede en Chiapas, donde se atribuye el 10.70% de la variación total de la densidad de la madera al efecto de diferencia entre rodales semilleros. Así mismo Gutiérrez, *et al.* (2019), indican que la variación encontrada en la densidad de la madera entre poblaciones de *Pinus oocarpa* ofrece oportunidades para programas de mejoramiento genético.

De manera que, las diferencias encontradas entre las dos plantaciones estudiadas en el presente estudio en ocho propiedades (Db, PSF, λ T, λ R, λ V, MCH, PC y EV), pudiesen ser debidas al ambiente, al haber sido establecidas las plantaciones en diferentes años.

4.2.2 Variación axial

El análisis de varianza no encontró significativas ($P < 0.05$) en el conjunto de las dos plantaciones en el eje axial en ninguna de las 12 propiedades utilizadas en el presente estudio. Lo que es diferente a lo encontrado por Gutiérrez-Vázquez y Flores-Montaño (2019), quienes indican que para *Pinus oocarpa* se presenta una gran diferencia en la densidad de la madera entre la altura de muestreo de 0.30 m y 1.30 metros. Sin embargo, coincide con Gómez (2021) quien menciona no encontrar diferencias estadísticamente significativas en la densidad de la madera de muestras de la periferia en tres alturas de *Pinus greggii* var. *greggii* en una plantación de 29 años.

Para fortalecer este análisis se realizó un análisis de varianza por separado de las plantaciones encontrando el mismo resultado al no mostrar diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las 12 propiedades de la madera estudiadas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Variación de 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* de dos plantaciones en el eje axial.

| Propiedades Físicas | Axial | | Significancia |
|---------------------|---------|---------|---------------|
| | 0.1 | 1.3 | |
| Db | 0.362 | 0.43 | 0.3526 |
| β_T | 5.628 | 5.28 | 0.4666 |
| β_R | 6.095 | 5.773 | 0.1997 |
| β_V | 11.722 | 11.051 | 0.1527 |
| PSF | 36.152 | 29.168 | 0.0998 |
| λ_T | 0.173 | 0.199 | 0.2298 |
| λ_R | 0.152 | 0.19 | 0.3882 |
| β_T/β_R | 1.683 | 1.455 | 0.3124 |
| λ_V | 0.325 | 0.39 | 0.2807 |
| MCH | 212.102 | 172.912 | 0.2872 |
| PC | 23.603 | 28.344 | 0.287 |
| EV | 76.397 | 71.655 | 0.1973 |

Diferencia encontrada en la fuente de variación axial del conjunto de dos plantaciones de 7 y 11 años de *Pinus greggii* Engelm. de Durango en 12 propiedades físicas de la madera y su significancia.

4.2.3 Variación radial

La prueba de comparación de medias de t-Student encontró diferencias entre los dos tipos de madera, normal y anormal, para las propiedades físicas del eje radial. La densidad básica (Db) de la madera mostró un valor más alto, y altamente significativo, en la madera normal con respecto a la madera anormal (Figura 6).

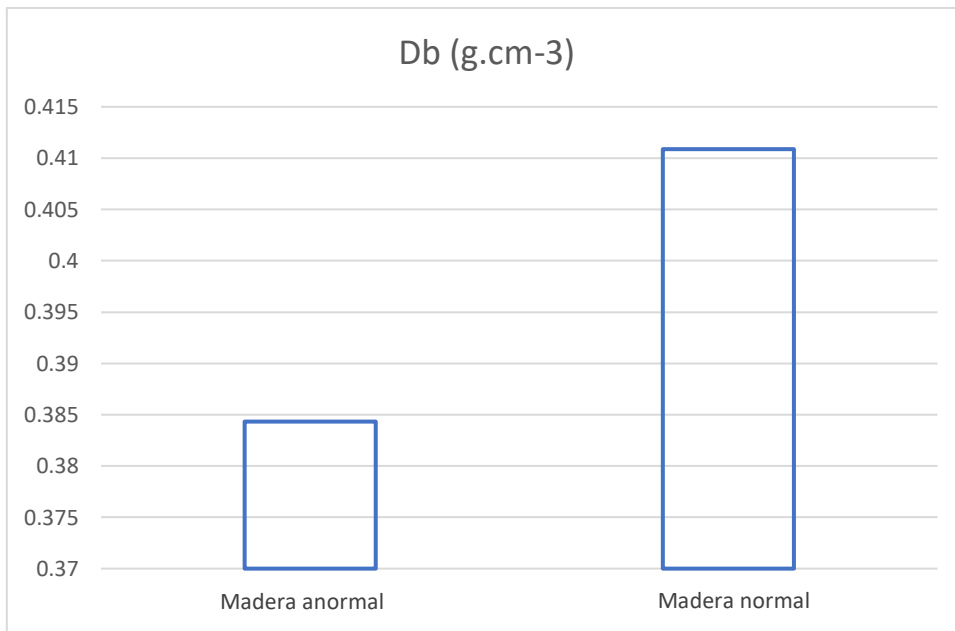


Figura 6 Comparación de medias de t de Student de la densidad básica ($g\ cm^{-3}$) en los dos tipos de madera, madera anormal (anillos del 2 al 6) y la madera normal (anillos del 7 al 11), en el eje radial en las muestras colectadas de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* de la plantación de 11 años en Santiago Papasquiario, Durango.

Mediante una prueba de t de Student se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$), con un $\alpha = 0.05$ entre ambos grupos de anillos. Para el conjunto 1 de anillos del 2 al 6 el valor de la media de la densidad básica es $0.38\ g.cm^{-3}$ mientras que la media del conjunto 2 de los anillos del 7 al 11 es de $0.41\ g.cm^{-3}$. Denotándose que los anillos de crecimiento de los primeros seis años de vida de los árboles presentan características distintas a los posteriores al año ocho.

Al respecto Klepac, (1983) menciona que todas las partes de un árbol van a tener un crecimiento en diámetro mucho más lento a comparación del crecimiento en altura. La densidad básica de la madera puede variar ampliamente en un individuo en el sentido radial; esta característica es inherente a la especie o está influenciada

por la edad, la forma del árbol, las diferencias genéticas, la velocidad de crecimiento y la historia evolutiva (Goche 2019). Lo encontrado en el presente estudio coincide con Meza *et al.* (2005), quienes indican un decremento en densidad de la madera en los primeros años de *Pinus patula* Schl *et* Cham de 16 años de edad con una muestra de 100 árboles. Así mismo Gutiérrez-Vázquez y Flores-Montaña (2019), observaron un patrón de variación radial similar, en la densidad básica de la madera de *P. oocarpa*. Lo cual concuerda con lo encontrado por Gómez (2021) para *P. greggii* var. *greggii* en una plantación de 29 años de edad.

La variación radial de la densidad básica de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii* en la plantación de 11 años de edad, así como de otras propiedades físicas de la madera, evidencia la posible presencia de madera juvenil del año 2 al 7, lo cual es importante conocer debido a que influye en la calidad y por ende en el posible uso y procesamiento industrial de la madera (Sinković *et al.*, 2021) de esta especie.

Se muestra el análisis de medias de las 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii* de acuerdo al análisis t-Student realizado (Cuadro 8).

Cuadro 8. Variación de 12 propiedades físicas entre madera anormal y madera normal de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* en el eje radial de una plantación de 11 años de edad con preparación del sitio utilizando implementos agrícolas, establecida en Nuevo Ideal, Durango.

| | Radial (anillo) | | | | | | | | | | | Significancia |
|----------------------|-----------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------------|---------|--------|---------|---------|---------------|
| | Madera anormal | | | | | | Madera normal | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| Db | 0.43 | 0.39 | 0.37 | 0.38 | 0.39 | 0.39 | 0.4 | 0.41 | 0.42 | 0.41 | 0.41 | <.0001 |
| β T | 5.68 | 4.788 | 4.71 | 5.06 | 5.56 | 5.447 | 5.52 | 6.08 | 5.98 | 5.79 | 5.71 | 0.1157 |
| β R | 6.051 | 6.728 | 4.65 | 4.928 | 4.465 | 5.183 | 5.508 | 5.767 | 5.984 | 6.834 | 7.82 | <.0001 |
| β V | 11.731 | 11.061 | 9.363 | 9.984 | 10.029 | 10.648 | 11.024 | 11.849 | 11.965 | 12.628 | 13.528 | <.0001 |
| PSF | 30.939 | 32.325 | 28.576 | 30.004 | 28.613 | 30.238 | 30.823 | 32.261 | 31.842 | 34.416 | 36.828 | 0.0774 |
| λ T | 0.182 | 0.162 | 0.182 | 0.18 | 0.207 | 0.193 | 0.193 | 0.199 | 0.197 | 0.176 | 0.166 | 0.0481 |
| λ R | 0.2 | 0.192 | 0.151 | 0.16 | 0.143 | 0.158 | 0.169 | 0.171 | 0.178 | 0.193 | 0.205 | <.0001 |
| β T/ β R | 1.052 | 1.06 | 1.653 | 1.4 | 1.87 | 1.795 | 1.426 | 1.483 | 1.424 | 1.089 | 0.976 | 0.0016 |
| λ V | 0.382 | 0.347 | 0.334 | 0.34 | 0.351 | 0.352 | 0.363 | 0.371 | 0.375 | 0.362 | 0.371 | <.0001 |
| MCH | 176.82 | 198.265 | 208 | 202.556 | 193.297 | 191.897 | 185.389 | 179.016 | 175.32 | 179.756 | 178.933 | <.0001 |
| PC | 27.795 | 25.2 | 24.282 | 24.723 | 25.551 | 25.612 | 26.375 | 26.94 | 27.296 | 26.862 | 26.97 | <.0001 |
| EV | 72.204 | 74.799 | 75.717 | 75.276 | 74.448 | 74.387 | 73.624 | 73.01 | 72.703 | 73.137 | 73.03 | <.0001 |

5. CONCLUSIONES

Se logró determinar los objetivos planteados para este trabajo que fueron la determinación de 12 propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii* en dos métodos de preparación de sitio en dos plantaciones, así como en los ejes axial y radial. Se estimó la variación de las propiedades físicas tanto para los dos métodos de preparación de sitio como en los ejes axial y radial.

De acuerdo al análisis hecho se encontró variación en ocho de las 12 propiedades estudiadas para los dos métodos de preparación de sitio en dos plantaciones, sin embargo, no se logró concluir a qué se atribuye dicha variación.

El análisis realizado en el presente estudio no evidenció diferencias en ninguna de las variables estudiadas en el eje axial.

En el presente estudio y de acuerdo al análisis realizado, se encontró variación de 10 de las 12 propiedades estudiadas los dos tipos de madera, normal y anormal, en el eje radial, donde esta variación podría atribuirse a la posible presencia de madera juvenil en la madera anormal.

Se esperaría que la plantación de 7 años tenga la misma tendencia en cuanto a la diferencia radial de la densidad básica que la plantación de 11 años, esto debido a que únicamente se cuenta con los primeros 7 años de crecimiento.

6. RECOMENDACIONES

Elaborar cuidadosamente la base de datos a utilizar para evitar errores en las identificaciones de las muestras.

Seguir con el monitoreo de ambas plantaciones

Caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos en los sitios de las plantaciones para determinar su influencia en la densidad de la madera

Caracterizar las condiciones específicas de la precipitación y temperatura en ambos sitios de plantación para determinar su influencia en la densidad de la madera.

Reconstruir la manera específica el protocolo de los métodos de preparación del sitio para determinar su influencia en la densidad de la madera

Al momento de la elaboración de probetas, y realizar mediciones correspondientes se debe tener cuidado en su manejo ya que al ser de tamaños pequeños se puede generar un mayor error en laboratorio.

Se recomienda, mediante técnicas de dendrocronología, realizar un estudio relacionando las variables climatológicas con las propiedades físicas de la madera de *Pinus greggii* var. *greggii* como continuación del presente estudio.

Asegurar la procedencia de las semillas con un estudio de marcador genético ya que esto puede presentar una fuente de variación más.

7. LITERATURA CITADA

Alba-Landa, J., Ramírez-García, E.O, & Santos-Salinas, J.A. (2005). Variación de la densidad de la madera de *Pinus greggii* Engelm. de un ensayo genético establecido en Coatepec, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 7 (1), 37 - 40.

Álvarez, E., Lerda, F. E., (2011). Determinación experimental de la anisotropía, punto de saturación de fibras y peso específicos aparentes de la madera de híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *Pinus caribea* var. *hondurensis* cultivada en Misiones. XXV Jornadas Forestales entre Rios. Concordia, Argentina.

Arredondo-Santoyo M. y Vazquez-Marrufo G.(s.f.) Pared celular de las plantas: Función, estructura y aplicaciones. *Saber Más*, 323 (38).
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/323-numero-38/587-pared-celular-de-las-plantas-funcion-estructura-y-aplicaciones.html>

ASTM D 9-87, (1999). Standard Terminology Relating to Wood. Forest Service, U.S.

ASTM D 2395-02, (2002). Norm American Society for Testing and Materials. Laboratory the products forest. Forest Service, U.S.

ASTM D 143-94, (2000). Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Forest Service U.S.

Bretado Trujillo V. M, (2008). Estudio Regional Forestal UMAFOR 1007. Obtenido de: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1106erf_umafor1007.pdf

Echenique-Manrique R. y Fernández-Villegas F. R. (1989). Estructuras de madera. México D.F., México. Editorial Limusa, p 367

Fuentes-Salinas M, (2001). Estimación del punto de saturación de fibra (PSF) de las maderas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6(1): 79-81.

Fuentes T., F., J., J. A. Silva G., M. G. Lomelí R., H. G. Richter., y R. Sanjuán D. (2002). Comportamiento higroscópico de la madera de *Persea americana* var.

guatemalensis Mill (hass). Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 8(1):49-56.

García E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México DF. p 96.

Goche Telles R., Velázquez Martínez A., Borja de la rosa A., Terrazas T., Cervantes Martínez C. 2003. Densidad básica y ancho de anillos de la madera de *Pinus patula* antes y después de un aclareo. Interciencia. 28(12):705-709.

Goche Télles J. R., Velázquez Martínez A., Borja de la Rosa, A., Capulín Grande J., y Palacios Mendoza, C. (2019). Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schltdl. Et Cham. de tres localidades en hidalgo. Revista Mexicana De Ciencias Forestales,2(7), 71–78.

Gutierrez A., A. (2022). Crecimiento e incremento de *Pinus greggii* var. *greggii* en dos plantaciones forestales comerciales en la subcuenca de Santiaguillo, Durango. Tesis profesional Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 16

Gutiérrez Vázquez B. N., Gómez Cárdenas M., Valencia Manzo S., Cornejo Oviedo E. H., Prieto Ruiz J. A., Gutierrez Vazquez M. H. (2010). Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. Del estado de Chiapas, México. Revista fitotecnica mexicana 33 (4): 75-78.

Gutiérrez-Vázquez, B. N. & Flores-Montaña, A. (2019). Patrón y magnitud de la variación de la densidad de la madera en rodales semilleros de *Pinus oocarpa*. Madera y Bosques, 25(3), e2531615. doi: 10.21829/myb.2019.2531615

Hoffmeyer, P. (1995). Wood as a building material. In Timber Engineering STEP 1, pp. A4/1-A4/21. Centrum Hout, The Netherlands.

Isaza Echeverri L., Acevedo Arroyave E., Hernandez Barajas F., (2015) Comparación de Pruebas de Normalidad. XXV Simposio Internacional de Estadística 2015. Armenia Colombia.

Martínez. J., Borja de la Rosa, A. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11(1):78-82.

Martínez, M. (1992). Los Pinos Mexicanos. Ediciones Botas. México D.F. (3rd ed.)

Medina A. A., Dionisio N. M., Laffitte L. N., Andía I. R., Stella M. Rivera (2013). Variación radial y axial de longitud de fibras y elementos de vaso en *Nothofagus nervosa* (Nothofagaceae de la Patagonia Argentina. Xalapa, Veracruz, México. Madera y bosques 19(2):7-19.

Meza J. D. J., Vargas H. J. J., López U. J., Vaquera H. H. Borja de la Rosa A., (2005). Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* Schl. et Cham. Ra Ximhai. 1(2): 305- 324.

Morales Méndez E. (2003). Madera al exterior: Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos. Boletín de Información Técnica AITIM. ISSN 0044-9261, num.226:44-48

Muñoz Flores H. J., V. M. Coria Avalos, J. J. Garcia Sanchez, E. Velasco Bautista y G. Martinez Molina, (2012). Evaluación de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. con dos espaciamientos. Revista mexicana de ciencias forestales vol 3 num 11: 57-70.

Pandey D., Brown C., (2002). Una visión general de los recursos mundiales de teca y de los elementos que influyen en sus perspectivas de futuro, Unasyuva No. 201, Vol 51: 3-13.

Ramirez-Herrera, C., J. J. Vargas-Hernandez, J. López-Upton, (2005). Distribución conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. Acta botánica mexicana 72: 1-16.

Rodríguez A., R., A.M. Ramírez A., H. Palacios J., F.J. Fuentes T, J.A. Silva G y A.R. Saucedo C., (2015). Características anatómicas, físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton). Revista Mexicana de Ciencias Forestales 6(28):156-173.

Rodríguez C., O. M., (2013). Manual de madera y carpintería para la integración a la arquitectura. Tesis profesional. Universidad Autónoma de México. 24-31.

Secretaría de economía, (2000). Servicio Geológico Mexicano Carta geológico-minera G13-C59 Durango. Obtenido de: http://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/847_G13-C59_GM.pdf

Secretaría de Energía (Sener), (2012). Prospectiva de energías renovables 2012-2026. Sener, Gobierno Federal. México. 156 p.

SEMARNAT Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2017). Consulta temática plantaciones forestales comerciales. Obtenido de: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFOREST_A09_02&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), (2011). Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2011. Semarnat. México. 224 p

Sotomayor C, J. R., (2016). Características higroscópicas de la madera de *Pinus pseudostrobus*. Revista del Laboratorio de Mecánica de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 12(2).

Sotomayor C. J. R., y M. Ramírez P., (2013). Densidad y características higroscópicas de maderas mexicanas. Base de datos y criterios de clasificación. Investigación e ingeniería de madera. Revista del laboratorio de Mecánica de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia. Michoacán.

Sotomayor C. J. R., y M. Ramírez P., (2014). Características físicas de 12 maderas mexicanas. Investigación e ingeniería de la madera. Revista del laboratorio de Mecánica de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 10(1).

Sotomayor C, J. R., Tinoco C, L. M y Raya G, D., (2020). Características higroscópicas de la madera de *Enterolobium cyclocarpum*, *Cupressus lindleyi* y *Cedrela odorata*. Ciencia Nicolaita. 79: 75-93.

Suirezs T. M., Berger G., (2009). Descripción de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. 1ª Edición. Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina. 58 p.

Smith, M. D., (1954). Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples. Forest Products Laboratory, Forest Service. U. S. Department of Agriculture. Report No. 2014. Madison, WI. USA. 8 p.

Sinković, T., B. Jambrekočić, T. Sedlar. (2021). Interpreting Research Results for the Physical and Mechanical Properties of Wood: An Approach Not Dependent on a Juvenile/Mature Wood Boundary. *BioResource* 16(4): 6921-6932.

Unidad de administración forestal Santiago Papasquiari, S.C., (2009). Estudio Regional Forestal UMAFOR 1005. Obtenido de: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1132ERF_UMAFOR1005.pdf

Kollmann, F. (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones (2ª ed., tomo 1) (Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera, ed. y trad.). Gráficas Reunidas, S.A. Madrid, España. 675 p.

Klepac D., (1983). Crecimiento e incremento en de árboles y masas forestales. Segunda edición. Universidad Autónoma de Chapingo. México. P.297.

Vazquez-Cisneros I., J. A. Prieto-Ruiz, M. A. López-López, C. Wehenkel, P. A. Dominguez-Calleros, F. E Muñoz-Sáez, (2018). Crecimiento y supervivencia de una plantación de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. Var. *greggii* bajo diferentes tratamientos de fertilización. *Revista Chapingo Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente* Vol XXIV, núm. 2: 251- 264.

Villegas M. S., R. Marlats, (2003). Variación axial y radial en dos clones de *Salix* sp. Decimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales UNaM. Eldorado, Misiones, Argentina.

Wm. Keivin Darrow y Hennie Coetzee (1983) Potentially Valuable Mexican Pines for the Summer Rainfall Region of southern African Forest Journal, 124:1, 23-25, DOI:10.1080/00382167.1983.9628861

8. ANEXOS

Anexo 1. Diferencias encontradas por variable en la preparación del sitio de la discriminación de los últimos 4 años

| | Fuente de variación | | significancia |
|-------------------|----------------------------|----------------|------------------|
| | Preparación del sitio B | A | |
| Db | 0.393 | 0.506 | <.0001 |
| βT | 5.256 | 5.104 | 0.2779 |
| βR | 5.35 | 5.409 | 0.7703 |
| βV | 10.542 | 10.513 | 0.9051 |
| PSF | 30.205 | 24.188 | <.0001 |
| λT | 0.186 | 0.234 | <.0001 |
| λR | 0.168 | 0.221 | <.0001 |
| $\beta T/\beta R$ | 1.469 | 1.431 | 0.1555 |
| λV | 0.353 | 0.455 | <.0001 |
| MCH | 193.801 | 142.103 | <.0001 |
| PC | 25.641 | 33.038 | <.0001 |
| EV | 74.359 | 66.962 | <.0001 |

Anexo 2. Transformaciones utilizadas para normalidad de las propiedades físicas de la madera estudiadas.

| Propiedades Físicas | Prueba de normalidad | SW | P | Histograma | Caja | Gráfica |
|---------------------|----------------------|----------|--------|------------|------|---------|
| Db | Inversa | 0.981893 | 0.0001 | 4 | 3 | 4 |
| βT | Arcoseno | 0.980955 | 0.0001 | 3 | 3 | 3 |
| βR | Logaritmo natural | 0.986827 | 0.0001 | 4 | 5 | 4 |
| βV | Raíz cuadrada | 0.993633 | 0.0206 | 5 | 5 | 5 |
| PSF | Raíz cuadrada | 0.993937 | 0.0272 | 4 | 4 | 5 |
| λT | Arcoseno | 0.989038 | 0.0004 | 5 | 5 | 4 |
| λR | Raíz cuadrada | 0.995982 | 0.176 | 5 | 5 | 5 |
| $\beta T/\beta R$ | Logaritmo natural | 0.982318 | 0.0001 | 4 | 4 | 3 |
| λV | Inversa | 0.983971 | 0.0001 | 4 | 4 | 4 |
| MCH | Sin transformación | 0.983973 | 0.0001 | 4 | 4 | 4 |
| PC | Inversa | 0.983971 | 0.0001 | 4 | 4 | 4 |
| EV | Elevado al cuadrado | 0.94991 | 0.0001 | 4 | 3 | 2 |

SW=Índice de Shapiro Wilk, P=Probabilidad, Db= Densidad básica, βT =higrocontracción tangencial, βR = Higrocontracción radial, βV = Higrocontracción volumétrica, PSF= Punto de saturación de la fibra, λT = Coeficiente de higrocontracción tangencial, λR = Coeficiente de higrocontracción radial, $\beta T/\beta R$ = Relación anisotrópica, λV = Coeficiente de higrocontracción volumétrica, MCH= Máximo contenido de humedad, PC= Pared celular, EV= Espacios vacíos

Anexo 3. Características higroscópicas de maderas mexicanas

Modificado por Gómez (2021) y Sotomayor y Ramírez (2013).

| No. | Nombre botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|----------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 1 | <i>Alnus jorullensis</i> | 0.400 | 30.02 | 8.20 | 0.25 | 4.66 | 0.21 | 0.97 | 14.30 | 0.48 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Bárcenas (1985) |
| 2 | <i>Abies concolor</i> | 0.360 | 21.00 | 5.50 | 0.26 | 3.88 | 0.18 | 1.41 | 11.32 | 0.53 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Romero (1982) |
| 3 | <i>Acer saccharum</i> | 0.560 | 29.56 | 8.37 | 0.28 | 4.56 | 0.15 | 1.83 | 12.67 | 0.43 | 113.21 | 36.60 | 63.40 | Tamarit (2003) |
| 4 | <i>Achras zapota</i> | 1.120 | 21.30 | 11.25 | 0.51 | 6.56 | 0.40 | 1.71 | 18.84 | 0.98 | 23.93 | 73.20 | 26.80 | Novelo (1964) |
| 5 | <i>Albizia plurijuga</i> | 0.773 | 13.90 | 9.63 | 0.69 | 5.26 | 0.38 | 1.83 | 9.67 | 0.70 | 64.01 | 50.52 | 49.48 | Sotomayor (2014) |
| 6 | <i>Alchornea latifolia</i> | 0.400 | 24.50 | 8.51 | 0.35 | 2.69 | 0.11 | 3.16 | 11.20 | 0.46 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Torelli (1982) |
| 7 | <i>Alchornea latifolia</i> | 0.390 | 31.91 | 7.14 | 0.22 | 3.89 | 0.12 | 1.83 | 11.09 | 0.35 | 191.05 | 25.49 | 74.51 | Tamarit (2003) |
| 8 | <i>Alnus jurullensis</i> | 0.400 | 38.69 | 7.22 | 0.19 | 3.94 | 0.10 | 1.83 | 11.25 | 0.29 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Tamarit (2003) |
| 9 | <i>Ampelocera hottlei</i> | 0.640 | 20.63 | 6.76 | 0.33 | 5.00 | 0.24 | 1.33 | 11.63 | 0.56 | 90.89 | 41.83 | 58.17 | Bárcenas (1985) |
| 10 | <i>Ampelocera hottlei</i> | 0.810 | 21.10 | 10.96 | 0.52 | 5.55 | 0.26 | 1.97 | 16.51 | 0.78 | 58.10 | 52.94 | 47.06 | Torelli (1982) |
| 11 | <i>Ampelocera hottlei</i> | 0.640 | 20.19 | 8.87 | 0.44 | 4.84 | 0.24 | 1.83 | 12.90 | 0.64 | 90.89 | 41.83 | 58.17 | Tamarit (2003) |
| 12 | <i>Ampelocera hottlei</i> | 0.640 | 21.00 | 5.00 | 0.24 | 6.76 | 0.33 | 1.35 | 11.63 | 0.56 | 90.89 | 41.83 | 58.17 | Bárcenas (2005) |
| 13 | <i>Andira inermis</i> | 0.630 | 18.69 | 8.81 | 0.47 | 4.81 | 0.26 | 1.83 | 12.87 | 0.69 | 93.37 | 41.18 | 58.82 | Tamarit (2003) |
| 14 | <i>Aspidosperma megalocarpum</i> | 0.800 | 23.10 | 10.87 | 0.47 | 6.28 | 0.27 | 1.73 | 17.15 | 0.74 | 59.64 | 52.29 | 47.71 | Torelli (1982) |
| 15 | <i>Aspidosperma megalocarpum</i> | 0.800 | 23.82 | 9.78 | 0.41 | 5.34 | 0.22 | 1.83 | 13.60 | 0.57 | 59.64 | 52.29 | 47.71 | Tamarit (2003) |
| 16 | <i>Astronium graveolens</i> | 0.730 | 19.90 | 7.46 | 0.37 | 3.80 | 0.19 | 1.62 | 11.28 | 0.57 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Bárcenas (1985) |
| 17 | <i>Astronium graveolens</i> | 0.730 | 17.17 | 9.39 | 0.55 | 5.13 | 0.30 | 1.83 | 13.17 | 0.77 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Tamarit (2003) |
| 18 | <i>Astronium graveolens</i> | 0.720 | 20.00 | 3.80 | 0.19 | 7.46 | 0.70 | 1.96 | 11.28 | 0.57 | 73.53 | 47.06 | 52.94 | Bárcenas (2005) |
| 19 | <i>Blepharidium mexicanum</i> | 0.650 | 34.25 | 14.66 | 0.43 | 5.66 | 0.17 | 2.59 | 20.32 | 0.59 | 88.49 | 42.48 | 57.52 | Torelli (1982) |
| 20 | <i>Blepharidium mexicanum</i> | 0.500 | 27.69 | 7.96 | 0.29 | 4.34 | 0.16 | 1.83 | 12.36 | 0.45 | 134.64 | 32.68 | 67.32 | Tamarit (2003) |
| 21 | <i>Brosimum alicastrum</i> | 0.630 | 23.35 | 8.81 | 0.38 | 4.81 | 0.21 | 1.83 | 12.87 | 0.55 | 93.37 | 41.18 | 58.82 | Tamarit (2003) |
| 22 | <i>Brosimum alicastrum</i> | 0.812 | 21.21 | 10.30 | 0.49 | 5.20 | 0.25 | 1.98 | 15.50 | 0.73 | 57.79 | 53.07 | 46.93 | Silva (2012) |
| 23 | <i>Brosimum alicastrum</i> | 0.650 | 22.00 | 4.54 | 0.20 | 5.91 | 0.26 | 1.30 | 10.45 | 0.48 | 88.49 | 42.48 | 57.52 | Bárcenas (2005) |
| 24 | <i>Brosimum allicastrum</i> | 0.630 | 22.40 | 5.91 | 0.26 | 4.54 | 0.20 | 1.41 | 10.45 | 0.47 | 93.37 | 41.18 | 58.82 | Bárcenas (1985) |
| 25 | <i>Brosimum allicastrum</i> | 0.870 | 19.60 | 8.74 | 0.45 | 5.89 | 0.30 | 1.48 | 14.63 | 0.75 | 49.58 | 56.86 | 43.14 | Torelli (1982) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|---------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|--------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 26 | <i>Bucida buceras</i> | 0.850 | 12.55 | 10.04 | 0.80 | 5.48 | 0.44 | 1.83 | 14.14 | 1.13 | 52.29 | 55.56 | 44.44 | Tamarit (2003) |
| 27 | <i>Bucida buceras</i> | 0.848 | 20.96 | 11.90 | 0.57 | 4.10 | 0.20 | 2.90 | 16.00 | 0.76 | 52.57 | 55.42 | 44.58 | Silva (2012) |
| 28 | <i>Bucida macrostachya</i> | 1.020 | 20.25 | 8.69 | 0.67 | 4.66 | 0.26 | 2.20 | 13.33 | 0.97 | 32.68 | 66.67 | 33.33 | Novelo (1964) |
| 29 | <i>Bucida macrostachya</i> | 1.020 | 20.25 | 10.87 | 0.54 | 5.94 | 0.29 | 1.83 | 18.23 | 0.90 | 32.68 | 66.67 | 33.33 | Tamarit (2003) |
| 30 | <i>Bursera simaruba</i> | 0.410 | 27.27 | 5.97 | 0.20 | 3.04 | 0.13 | 1.96 | 10.20 | 0.42 | 178.54 | 26.80 | 73.20 | Novelo (1964) |
| 31 | <i>Bursera simaruba</i> | 0.450 | 22.00 | 5.89 | 0.27 | 3.21 | 0.15 | 1.83 | 9.10 | 0.41 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Torelli (1982) |
| 32 | <i>Bursera simaruba</i> | 0.410 | 27.64 | 7.30 | 0.26 | 3.98 | 0.14 | 1.83 | 11.41 | 0.41 | 178.54 | 26.80 | 73.20 | Tamarit (2003) |
| 33 | <i>Caesalpinia gaumeri</i> | 0.860 | 16.49 | 9.27 | 0.56 | 4.65 | 0.28 | 1.99 | 13.92 | 0.84 | 50.92 | 56.21 | 43.79 | Interián-Ku (2011) |
| 34 | <i>Caesalpinia platyloba</i> | 0.807 | 17.76 | 9.00 | 0.51 | 3.90 | 0.22 | 2.31 | 12.90 | 0.73 | 58.56 | 52.75 | 47.25 | Silva (2012) |
| 35 | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.550 | 30.50 | 8.24 | 0.27 | 5.98 | 0.20 | 1.38 | 13.46 | 0.44 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Bárcenas (1985) |
| 36 | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.610 | 25.95 | 10.10 | 0.39 | 5.48 | 0.21 | 1.84 | 15.58 | 0.60 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Torelli (1982) |
| 37 | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.550 | 26.55 | 8.30 | 0.31 | 4.53 | 0.17 | 1.83 | 12.63 | 0.48 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Tamarit (2003) |
| 38 | <i>Calophyllum brasiliense</i> | 0.540 | 31.00 | 5.98 | 0.20 | 8.24 | 0.27 | 1.38 | 13.46 | 0.44 | 119.83 | 35.29 | 64.71 | Bárcenas (2005) |
| 39 | <i>Cedrela odorata</i> | 0.360 | 30.40 | 4.30 | 0.14 | 3.71 | 0.12 | 1.15 | 12.38 | 0.40 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Bárcenas (1985) |
| 40 | <i>Cedrela odorata</i> | 0.360 | 38.21 | 6.90 | 0.18 | 3.76 | 0.10 | 1.83 | 12.38 | 0.32 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Tamarit (2003) |
| 41 | <i>Cedrela odorata</i> | 0.360 | 30.00 | 3.71 | 0.12 | 4.30 | 0.14 | 1.16 | 12.38 | 0.40 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Bárcenas (2005) |
| 42 | <i>Cedrela odorata</i> | 0.472 | 22.67 | 7.76 | 0.34 | 4.23 | 0.19 | 1.83 | 9.63 | 0.42 | 146.50 | 30.85 | 69.15 | Sotomayor (2014) |
| 43 | <i>Ceiba pentandra</i> | 0.290 | 35.63 | 6.28 | 0.18 | 3.42 | 0.10 | 1.84 | 8.68 | 0.24 | 279.47 | 18.95 | 81.05 | Tamarit (2003) |
| 44 | <i>Celeanodendron mexicanum</i> | 0.692 | 17.66 | 9.18 | 0.52 | 5.01 | 0.28 | 1.83 | 11.00 | 0.62 | 79.15 | 45.23 | 54.77 | Sotomayor (2014) |
| 45 | <i>Cibistax donell-smithii</i> | 0.400 | 25.28 | 7.22 | 0.29 | 3.94 | 0.16 | 1.83 | 11.25 | 0.45 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Tamarit (2003) |
| 46 | <i>Cipholis salicifolia</i> | 0.840 | 18.72 | 9.99 | 0.53 | 5.45 | 0.29 | 1.83 | 14.01 | 0.75 | 53.69 | 54.90 | 45.10 | Tamarit (2003) |
| 47 | <i>Cordia alliodora</i> | 0.550 | 27.25 | 8.30 | 0.30 | 4.53 | 0.17 | 1.83 | 12.63 | 0.46 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Tamarit (2003) |
| 48 | <i>Cordia alliodora</i> | 0.550 | 21.70 | 9.22 | 0.42 | 4.27 | 0.20 | 2.16 | 13.49 | 0.62 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Torelli (1982) |
| 49 | <i>Cordia dodecandra</i> | 0.840 | 17.00 | 6.77 | 0.39 | 4.29 | 0.28 | 1.58 | 8.70 | 0.51 | 53.69 | 54.90 | 45.10 | Echenique (1969) |
| 50 | <i>Cordia dodecandra</i> | 0.890 | 13.81 | 10.24 | 0.74 | 5.59 | 0.40 | 1.83 | 14.75 | 1.07 | 47.00 | 58.17 | 41.83 | Tamarit (2003) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 51 | <i>Cymbopetalum penduliflorum</i> | 0.400 | 35.89 | 7.22 | 0.20 | 3.94 | 0.11 | 1.83 | 11.25 | 0.31 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Tamarit (2003) |
| 52 | <i>Cymbopetalum penduliflorum</i> | 0.400 | 35.90 | 12.25 | 0.25 | 4.46 | 0.12 | 2.75 | 16.71 | 0.47 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Torelli (1982) |
| 53 | <i>Dalium guianense</i> | 0.780 | 23.38 | 9.67 | 0.41 | 5.28 | 0.23 | 1.83 | 13.45 | 0.58 | 62.85 | 50.98 | 49.02 | Tamarit (2003) |
| 54 | <i>Dendropanax arboreus</i> | 0.420 | 26.55 | 9.16 | 0.35 | 4.74 | 0.18 | 1.93 | 13.90 | 0.52 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Torelli (1982) |
| 55 | <i>Dendropanax arboreus</i> | 0.400 | 38.61 | 7.22 | 0.19 | 3.94 | 0.10 | 1.83 | 11.25 | 0.29 | 184.64 | 26.14 | 73.86 | Tamarit (2003) |
| 56 | <i>Dendropanax arboreus</i> | 0.440 | 28.91 | 7.18 | 0.25 | 4.27 | 0.15 | 1.68 | 11.45 | 0.40 | 161.91 | 28.76 | 71.24 | Martínez (2001) |
| 57 | <i>Dialium guianense</i> | 0.780 | 21.73 | 9.10 | 0.42 | 6.73 | 0.31 | 1.35 | 16.14 | 0.74 | 62.85 | 50.98 | 49.02 | Bárcenas (1985) |
| 58 | <i>Dialium guianense</i> | 0.990 | 20.85 | 9.59 | 0.46 | 5.56 | 0.27 | 1.72 | 15.15 | 0.73 | 35.65 | 64.71 | 35.29 | Torelli (1982) |
| 59 | <i>Dialium guianense</i> | 0.790 | 22.00 | 6.73 | 0.31 | 9.10 | 0.42 | 1.35 | 16.41 | 0.74 | 61.22 | 51.63 | 48.37 | Bárcenas (2005) |
| 60 | <i>Dipholis stevensonii</i> | 0.970 | 18.68 | 10.63 | 0.57 | 5.81 | 0.31 | 1.83 | 16.58 | 0.89 | 37.73 | 63.40 | 36.60 | Tamarit (2003) |
| 61 | <i>Dipholis stevensonii</i> | 0.970 | 23.60 | 10.78 | 0.46 | 5.53 | 0.23 | 1.95 | 16.31 | 0.69 | 37.73 | 63.40 | 36.60 | Torelli (1982) |
| 62 | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 0.350 | 26.67 | 6.81 | 0.26 | 3.71 | 0.14 | 1.83 | 10.29 | 0.39 | 220.35 | 22.88 | 77.12 | Tamarit (2003) |
| 63 | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 0.290 | 33.40 | 4.63 | 0.14 | 1.83 | 0.05 | 2.53 | 6.46 | 0.19 | 279.47 | 18.95 | 81.05 | Pineda (2012) |
| 64 | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 0.469 | 16.39 | 7.74 | 0.47 | 4.22 | 0.26 | 1.83 | 6.92 | 0.42 | 147.86 | 30.65 | 69.35 | Sotomayor (2014) |
| 65 | <i>Grevillea robusta</i> | 0.487 | 25.11 | 7.50 | 0.30 | 2.60 | 0.10 | 2.88 | 10.10 | 0.40 | 139.98 | 31.83 | 68.17 | Zárate (2001) |
| 66 | <i>Guarea glabra</i> | 0.510 | 22.70 | 6.42 | 0.28 | 5.22 | 0.23 | 1.22 | 10.20 | 0.45 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Bárcenas (1985) |
| 67 | <i>Guarea glabra</i> | 0.620 | 20.40 | 8.18 | 0.40 | 4.16 | 0.20 | 1.97 | 12.34 | 0.60 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Torelli (1982) |
| 68 | <i>Guarea glabra</i> | 0.530 | 21.38 | 8.17 | 0.38 | 4.45 | 0.21 | 1.83 | 12.54 | 0.59 | 123.32 | 34.64 | 65.36 | Tamarit (2003) |
| 69 | <i>Guarea glabra</i> | 0.510 | 23.00 | 5.22 | 0.23 | 6.42 | 0.28 | 1.23 | 10.20 | 0.45 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Bárcenas (2005) |
| 70 | <i>Guatteria anomala</i> | 0.430 | 25.30 | 9.32 | 0.37 | 4.33 | 0.17 | 2.15 | 13.65 | 0.54 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Torelli (1982) |
| 71 | <i>Guatteria anomala</i> | 0.430 | 35.27 | 7.45 | 0.21 | 4.06 | 0.12 | 1.83 | 11.68 | 0.33 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Tamarit (2003) |
| 72 | <i>Gyrocarpus americanus</i> | 0.350 | 27.56 | 6.81 | 0.25 | 3.71 | 0.13 | 1.83 | 8.68 | 0.32 | 220.35 | 22.88 | 77.12 | Sotomayor (2014) |
| 73 | <i>Hura polyandra</i> | 0.480 | 21.40 | 4.89 | 0.23 | 2.97 | 0.14 | 1.65 | 7.86 | 0.37 | 142.97 | 31.37 | 68.63 | Pineda (2012) |
| 74 | <i>Andira inermis</i> | 0.710 | 20.66 | 8.50 | 0.41 | 4.60 | 0.22 | 1.85 | 13.20 | 0.64 | 75.49 | 46.41 | 53.59 | Télliez (2009) |
| 75 | <i>Juglans pyriformis</i> | 0.546 | 19.76 | 8.27 | 0.42 | 4.51 | 0.23 | 1.83 | 9.71 | 0.49 | 117.79 | 35.69 | 64.31 | Sotomayor (2014) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|---------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 76 | <i>Juniperus fláccida</i> | 0.500 | 18.73 | 4.27 | 0.23 | 3.02 | 0.16 | 1.41 | 8.43 | 0.45 | 134.64 | 32.68 | 67.32 | Borja (2010) |
| 77 | <i>Libocedrus decurrens</i> | 0.360 | 24.41 | 4.63 | 0.18 | 2.31 | 0.09 | 2.00 | 7.19 | 0.28 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Romero (1982) |
| 78 | <i>Licania platypus</i> | 0.620 | 21.90 | 8.53 | 0.39 | 6.19 | 0.28 | 1.40 | 14.72 | 0.67 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Bárcenas (1985) |
| 79 | <i>Licania platypus</i> | 0.620 | 26.38 | 8.75 | 0.33 | 4.77 | 0.18 | 1.83 | 12.85 | 0.49 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Tamarit (2003) |
| 80 | <i>Licania platypus</i> | 0.620 | 22.00 | 6.19 | 0.28 | 8.53 | 0.39 | 1.38 | 14.72 | 0.00 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Bárcenas (2005) |
| 81 | <i>Lonchocarpus castilloi</i> | 0.670 | 21.86 | 7.89 | 0.36 | 3.62 | 0.26 | 1.55 | 12.73 | 0.58 | 83.89 | 43.79 | 56.21 | Bárcenas (1985) |
| 82 | <i>Lonchocarpus castilloi</i> | 0.840 | 22.25 | 9.69 | 0.44 | 5.23 | 0.24 | 1.85 | 14.92 | 0.67 | 53.69 | 54.90 | 45.10 | Torelli (1982) |
| 83 | <i>Lonchocarpus castilloi</i> | 0.670 | 21.11 | 9.05 | 0.43 | 4.94 | 0.23 | 1.83 | 12.97 | 0.61 | 83.89 | 43.79 | 56.21 | Tamarit (2003) |
| 84 | <i>Lonchocarpus castilloi</i> | 0.827 | 13.84 | 6.90 | 0.50 | 3.40 | 0.25 | 2.03 | 10.30 | 0.74 | 55.56 | 54.05 | 45.95 | Silva (2012) |
| 85 | <i>Lonchocarpus castilloi</i> | 0.690 | 22.00 | 3.62 | 0.26 | 7.89 | 0.36 | 2.18 | 12.73 | 0.58 | 79.57 | 45.10 | 54.90 | Bárcenas (2005) |
| 86 | <i>Lonchocarpus hondurensis</i> | 0.730 | 23.90 | 9.00 | 0.38 | 4.64 | 0.19 | 1.94 | 13.64 | 0.57 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Torelli (1982) |
| 87 | <i>Lonchocarpus hondurensis</i> | 0.730 | 20.76 | 9.39 | 0.45 | 5.13 | 0.25 | 1.83 | 13.17 | 0.63 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Tamarit (2003) |
| 88 | <i>Lysiloma acapulcensis</i> | 0.520 | 22.93 | 5.52 | 0.24 | 3.70 | 0.16 | 1.52 | 7.72 | 0.34 | 126.95 | 33.99 | 66.01 | Bárcenas (1985) |
| 89 | <i>Lysiloma acapulcensis</i> | 0.520 | 16.54 | 8.10 | 0.49 | 4.42 | 0.27 | 1.83 | 12.49 | 0.76 | 126.95 | 33.99 | 66.01 | Tamarit (2003) |
| 90 | <i>Lysiloma acapulcensis</i> | 0.520 | 23.00 | 3.70 | 0.16 | 5.52 | 0.24 | 1.49 | 7.72 | 0.34 | 126.95 | 33.99 | 66.01 | Bárcenas (2005) |
| 91 | <i>Lysiloma bahamensis</i> | 0.600 | 22.00 | 7.24 | 0.32 | 2.67 | 0.12 | 2.71 | 9.47 | 0.43 | 101.31 | 39.22 | 60.78 | Echenique (1969) |
| 92 | <i>Lysiloma bahamensis</i> | 0.630 | 17.48 | 8.81 | 0.50 | 4.81 | 0.27 | 1.83 | 12.87 | 0.74 | 93.37 | 41.18 | 58.82 | Tamarit (2003) |
| 93 | <i>Lysiloma bahamensis</i> | 0.617 | 17.11 | 6.90 | 0.40 | 3.40 | 0.20 | 2.03 | 9.50 | 0.56 | 96.72 | 40.33 | 59.67 | Silva (2012) |
| 94 | <i>Lysiloma spp.</i> | 0.568 | 22.46 | 8.42 | 0.37 | 4.59 | 0.20 | 1.83 | 11.48 | 0.51 | 110.70 | 37.12 | 62.88 | Sotomayor (2014) |
| 95 | <i>Maclura tinctoria</i> | 0.710 | 13.77 | 9.28 | 0.67 | 5.06 | 0.37 | 1.83 | 13.09 | 0.95 | 75.49 | 46.41 | 53.59 | Tamarit (2003) |
| 96 | <i>Manilkara zapota</i> | 0.860 | 28.50 | 5.46 | 0.19 | 4.65 | 0.16 | 1.55 | 15.40 | 0.54 | 50.92 | 56.21 | 43.79 | Bárcenas (1985) |
| 97 | <i>Manilkara zapota</i> | 0.880 | 26.00 | 8.58 | 0.32 | 6.24 | 0.24 | 1.37 | 11.67 | 0.44 | 48.28 | 57.52 | 42.48 | Echenique (1969) |
| 98 | <i>Manilkara zapota</i> | 0.860 | 21.77 | 10.09 | 0.46 | 5.51 | 0.25 | 1.83 | 14.27 | 0.66 | 50.92 | 56.21 | 43.79 | Tamarit (2003) |
| 99 | <i>Manilkara zapota</i> | 0.906 | 23.06 | 10.90 | 0.47 | 7.90 | 0.34 | 1.38 | 18.80 | 0.82 | 45.02 | 59.22 | 40.78 | Silva (2012) |
| 100 | <i>Manilkara zapota</i> | 0.860 | 29.00 | 4.65 | 0.16 | 5.46 | 0.19 | 1.17 | 15.40 | 0.54 | 50.92 | 56.21 | 43.79 | Bárcenas (2005) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|------------|--|----------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 101 | <i>Manilkara zapota</i> | 1.040 | 21.30 | 9.40 | 0.44 | 6.05 | 0.28 | 1.55 | 15.45 | 0.73 | 30.79 | 67.97 | 32.03 | Torelli (1982) |
| 102 | <i>Metopium brownei</i> | 0.698 | 17.19 | 7.50 | 0.44 | 3.30 | 0.19 | 2.27 | 10.80 | 0.63 | 77.91 | 45.62 | 54.38 | Silva (2012) |
| 103 | <i>Mirandaceltis monoica</i> | 0.690 | 21.88 | 9.16 | 0.42 | 5.00 | 0.23 | 1.83 | 13.02 | 0.60 | 79.57 | 45.10 | 54.90 | Tamarit (2003) |
| 104 | <i>Mirandaceltis monoica</i> | 0.690 | 22.00 | 6.26 | 0.29 | 7.21 | 0.33 | 1.15 | 13.59 | 0.62 | 79.57 | 45.10 | 54.90 | Bárcenas (2005) |
| 105 | <i>Mirandaceltis monoica</i> | 0.690 | 21.90 | 7.21 | 0.33 | 6.26 | 0.29 | 1.17 | 13.59 | 0.62 | 79.57 | 45.10 | 54.90 | Bárcenas (1985) |
| 106 | <i>Misanteca pekii</i> | 0.650 | 23.28 | 8.93 | 0.38 | 4.87 | 0.21 | 1.83 | 12.92 | 0.55 | 88.49 | 42.48 | 57.52 | Tamarit (2003) |
| 107 | <i>Misanteca pekii</i> | 0.650 | 21.80 | 8.49 | 0.39 | 5.13 | 0.23 | 1.65 | 13.62 | 0.62 | 88.49 | 42.48 | 57.52 | Torelli (1982) |
| 108 | <i>Mosquitoxylum jamaicense</i> | 0.580 | 29.36 | 7.64 | 0.26 | 6.76 | 0.23 | 1.25 | 11.73 | 0.40 | 107.05 | 37.91 | 62.09 | Bárcenas (1985) |
| 109 | <i>Mosquitoxylum jamaicense</i> | 0.580 | 21.70 | 8.50 | 0.39 | 4.63 | 0.21 | 1.83 | 12.74 | 0.59 | 107.05 | 37.91 | 62.09 | Tamarit (2003) |
| 110 | <i>Mosquitoxylum jamaicense</i> | 0.590 | 29.00 | 6.76 | 0.23 | 7.64 | 0.26 | 2.09 | 11.33 | 0.40 | 104.13 | 38.56 | 61.44 | Bárcenas (2005) |
| 111 | <i>Nectandra</i> sp. | 0.510 | 26.00 | 10.30 | 0.40 | 5.55 | 0.21 | 1.86 | 15.85 | 0.61 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Torelli (1982) |
| 112 | <i>Nectandra</i> sp. | 0.510 | 34.53 | 8.03 | 0.23 | 4.38 | 0.13 | 1.83 | 12.43 | 0.36 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Tamarit (2003) |
| 113 | <i>Pachica acuática</i> | 0.530 | 29.30 | 12.11 | 0.41 | 3.85 | 0.13 | 3.14 | 15.96 | 0.54 | 123.32 | 34.64 | 65.36 | Torelli (1982) |
| 114 | <i>Pachira acuatica</i> | 0.530 | 33.46 | 8.17 | 0.24 | 4.45 | 0.13 | 1.83 | 12.54 | 0.37 | 123.32 | 34.64 | 65.36 | Tamarit (2003) |
| 115 | <i>Peltogyne mexicana</i> (Albura) | 1.090 | 22.86 | 8.85 | 0.39 | 4.70 | 0.21 | 1.88 | 14.81 | 0.65 | 26.38 | 71.24 | 28.76 | Navarro (2005) |
| 116 | <i>Peltogyne mexicana</i> (Duramen) | 0.950 | 15.30 | 6.04 | 0.39 | 4.10 | 0.27 | 1.47 | 11.60 | 0.76 | 39.90 | 62.09 | 37.91 | Navarro (2005) |
| 117 | <i>Persea americana</i> | 0.500 | 18.47 | 5.75 | 0.31 | 2.56 | 0.14 | 2.25 | 8.31 | 0.45 | 134.64 | 32.68 | 67.32 | Fuentes (2002) |
| 118 | <i>Pinus douglasiana</i> | 0.367 | 25.00 | 5.90 | 0.24 | 2.97 | 0.12 | 1.99 | 9.20 | 0.37 | 207.12 | 23.99 | 76.01 | Sotomayor (2010) |
| 119 | <i>Pinus douglasiana</i> | 0.495 | 26.00 | 8.50 | 0.33 | 4.28 | 0.16 | 1.99 | 12.67 | 0.49 | 136.66 | 32.35 | 67.65 | Villaseñor (2007) |
| 120 | <i>Pinus greggii</i> | .42 | 32.38 | - | - | - | - | - | 12.26 | - | - | - | - | Gómez (2021) |
| 121 | <i>Pinus greggii</i> | 0.439 | 28.66 | 5.336 | 0.204 | 5.61 | 0.191 | 1.414 | 10.92 | 0.395 | 171.22 | 28.69 | 71.30 | Mendoza (2023, inédito) |
| 122 | <i>Pinus michoacana</i> | 0.369 | 28.00 | 6.88 | 0.25 | 3.09 | 0.11 | 2.23 | 10.30 | 0.37 | 205.64 | 24.12 | 75.88 | Sotomayor (2010) |
| 123 | <i>Pinus pringlei</i> | 0.471 | 24.00 | 7.14 | 0.30 | 3.98 | 0.17 | 1.79 | 11.50 | 0.48 | 146.95 | 30.78 | 69.22 | Sotomayor (2010) |
| 124 | <i>Pinus pringlei</i> | 0.500 | 23.00 | 6.50 | 0.28 | 4.70 | 0.20 | 1.38 | 11.30 | 0.49 | 134.64 | 32.68 | 67.32 | Herrera (1992) |
| 125 | <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>Veitchii</i> | 0.420 | 27.00 | 8.43 | 0.29 | 3.53 | 0.16 | 2.39 | 13.80 | 0.46 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Bárcenas (1985) |
| 126 | <i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>Veitchii</i> | 0.390 | 24.56 | 8.80 | 0.36 | 3.28 | 0.13 | 2.80 | 11.05 | 0.45 | 191.05 | 25.49 | 74.51 | Romero (1982) |
| 127 | <i>Pinus contorta</i> var. <i>Latifolia</i> | 0.360 | 29.33 | 6.63 | 0.23 | 5.43 | 0.19 | 1.22 | 10.96 | 0.38 | 212.42 | 23.53 | 76.47 | Romero (1982) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|----------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 128 | <i>Pinus coulteri</i> | 0.420 | 20.25 | 11.49 | 0.56 | 4.66 | 0.23 | 1.11 | 17.15 | 0.85 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Romero (1982) |
| 129 | <i>Pinus douglasiana</i> | 0.450 | 26.00 | 8.01 | 0.43 | 4.17 | 0.16 | 1.92 | 11.30 | 0.30 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Echenique (1969) |
| 130 | <i>Pinus jeffreyii</i> | 0.380 | 26.00 | 5.33 | 0.21 | 4.57 | 0.18 | 1.17 | 11.15 | 0.43 | 197.80 | 24.84 | 75.16 | Romero (1982) |
| 131 | <i>Pinus lambertiana</i> | 0.350 | 26.40 | 6.98 | 0.26 | 4.33 | 0.16 | 2.33 | 11.12 | 0.42 | 220.35 | 22.88 | 77.12 | Romero (1982) |
| 132 | <i>Pinus lawsoni</i> | 0.510 | 26.00 | 6.98 | 0.26 | 4.33 | 0.16 | 1.61 | 11.12 | 0.42 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Echenique (1969) |
| 133 | <i>Pinus leiophylla</i> | 0.460 | 25.00 | 8.27 | 0.33 | 3.31 | 0.13 | 2.50 | 12.62 | 0.50 | 152.03 | 30.07 | 69.93 | Echenique (1969) |
| 134 | <i>Pinus leiophylla</i> | 0.440 | 32.56 | 8.62 | 0.26 | 3.80 | 0.12 | 2.27 | 11.35 | 0.35 | 161.91 | 28.76 | 71.24 | Romero (1982) |
| 135 | <i>Pinus michoacana</i> | 0.450 | 26.00 | 7.46 | 0.28 | 3.65 | 0.14 | 2.04 | 11.60 | 0.44 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Echenique (1969) |
| 136 | <i>Pinus montezumae</i> | 0.420 | 36.00 | 7.38 | 0.20 | 4.02 | 0.11 | 1.83 | 10.70 | 0.30 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Dávalos (1976) |
| 137 | <i>Pinus patula</i> | 0.500 | 27.60 | 9.69 | 0.32 | 6.89 | 0.26 | 1.44 | 15.81 | 0.61 | 134.64 | 32.68 | 67.32 | Bárcenas (1985) |
| 138 | <i>Pinus patula</i> | 0.480 | 37.50 | 7.82 | 0.21 | 4.27 | 0.11 | 1.83 | 10.80 | 0.29 | 142.97 | 31.37 | 68.63 | Dávalos, 1976 |
| 139 | <i>Pinus patula</i> | 0.540 | 26.84 | 9.76 | 0.36 | 6.21 | 0.23 | 1.75 | 10.55 | 0.62 | 119.83 | 35.29 | 64.71 | Quiñonez (1974) |
| 140 | <i>Pinus ponderosa</i> | 0.390 | 30.55 | 6.63 | 0.22 | 3.79 | 0.12 | 1.75 | 10.67 | 0.35 | 191.05 | 25.49 | 74.51 | Quiñonez (1974) |
| 141 | <i>Pinus pseudostrobus</i> | 0.450 | 27.60 | 9.58 | 0.35 | 7.14 | 0.29 | 1.24 | 16.36 | 0.53 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Bárcenas (1985) |
| 142 | <i>Pinus pseudostrobus</i> | 0.530 | 28.71 | 7.95 | 0.31 | 4.03 | 0.18 | 1.97 | 15.70 | 0.54 | 123.32 | 34.64 | 65.36 | Chargoy (1967) |
| 143 | <i>Pinus quadrifolia</i> | 0.410 | 28.35 | 5.44 | 0.19 | 5.47 | 0.19 | 0.99 | 11.09 | 0.39 | 178.54 | 26.80 | 73.20 | Romero (1982) |
| 144 | <i>Pinus rudis</i> | 0.530 | 28.70 | 7.88 | 0.28 | 5.68 | 0.21 | 1.41 | 14.54 | 0.47 | 123.32 | 34.64 | 65.36 | Bárcenas (1985) |
| 145 | <i>Pinus rudis</i> | 0.410 | 31.34 | 8.06 | 0.26 | 3.41 | 0.11 | 2.42 | 10.66 | 0.34 | 178.54 | 26.80 | 73.20 | Quiñonez (1974) |
| 146 | <i>Pinus tenuifolia</i> | 0.430 | 29.20 | 7.81 | 0.25 | 4.00 | 0.15 | 1.95 | 13.64 | 0.46 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Bárcenas (1985) |
| 147 | <i>Pinus teocote</i> | 0.470 | 43.40 | 7.75 | 0.18 | 4.23 | 0.10 | 1.83 | 10.65 | 0.25 | 147.41 | 30.72 | 69.28 | Dávalos, 1976 |
| 148 | <i>Piscidia comunis</i> | 0.680 | 16.18 | 9.11 | 0.56 | 4.97 | 0.31 | 1.83 | 12.99 | 0.80 | 81.70 | 44.44 | 55.56 | Tamarit (2003) |
| 149 | <i>Piscidia piscipula</i> | 0.802 | 14.41 | 6.80 | 0.47 | 3.60 | 0.25 | 1.89 | 10.40 | 0.72 | 59.33 | 52.42 | 47.58 | Silva (2012) |
| 150 | <i>Pithecellobium arboreum</i> | 0.700 | 20.60 | 7.82 | 0.38 | 3.96 | 0.19 | 1.97 | 11.78 | 0.57 | 77.50 | 45.75 | 54.25 | Torelli (1982) |
| 151 | <i>Pithecellobium arboreum</i> | 0.700 | 18.70 | 9.22 | 0.49 | 5.03 | 0.27 | 1.83 | 13.05 | 0.70 | 77.50 | 45.75 | 54.25 | Tamarit (2003) |
| 152 | <i>Pithecellobium leucocalix</i> | 0.510 | 20.70 | 8.03 | 0.39 | 4.38 | 0.21 | 1.83 | 12.43 | 0.60 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Tamarit (2003) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 153 | <i>Pithecellobium leucocalix</i> | 0.510 | 21.50 | 6.39 | 0.30 | 3.11 | 0.14 | 2.05 | 9.50 | 0.44 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Torelli (1982) |
| 154 | <i>Platymiscium dimorphandrum</i> | 0.808 | 10.73 | 9.82 | 0.92 | 5.36 | 0.50 | 1.83 | 7.80 | 0.73 | 58.40 | 52.81 | 47.19 | Sotomayor (2014) |
| 155 | <i>Platymiscium yucatanum</i> | 0.610 | 23.00 | 4.10 | 0.18 | 7.75 | 0.34 | 1.89 | 11.32 | 0.49 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Bárcenas (2005) |
| 156 | <i>Platymiscium yucatanum</i> | 0.610 | 22.90 | 7.75 | 0.34 | 4.10 | 0.18 | 2.00 | 11.32 | 0.49 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Bárcenas (1985) |
| 157 | <i>Platymiscium yucatanum</i> | 0.610 | 20.62 | 8.68 | 0.42 | 4.74 | 0.23 | 1.83 | 12.83 | 0.62 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Tamarit (2003) |
| 158 | <i>Platymiscium yucatanum</i> | 0.850 | 13.99 | 6.70 | 0.48 | 4.00 | 0.29 | 1.68 | 10.70 | 0.77 | 52.29 | 55.56 | 44.44 | Silva (2012) |
| 159 | <i>Platymiscium yucatanum</i> | 0.730 | 19.45 | 7.58 | 0.39 | 4.47 | 0.23 | 1.70 | 12.05 | 0.62 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Torelli (1982) |
| 160 | <i>Poulsenia armata</i> | 0.450 | 28.49 | 7.60 | 0.27 | 4.15 | 0.15 | 1.83 | 11.92 | 0.42 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Tamarit (2003) |
| 161 | <i>Poulsenia armata</i> | 0.450 | 25.30 | 7.58 | 0.39 | 3.96 | 0.23 | 1.91 | 11.54 | 0.46 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Torelli (1982) |
| 162 | <i>Pouteria campechiana</i> | 0.760 | 26.00 | 10.57 | 0.40 | 6.27 | 0.24 | 1.69 | 15.14 | 0.58 | 66.22 | 49.67 | 50.33 | Echenique (1969) |
| 163 | <i>Pouteria campechiana</i> | 0.730 | 25.63 | 9.39 | 0.37 | 5.13 | 0.20 | 1.83 | 13.17 | 0.51 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Tamarit (2003) |
| 164 | <i>Pseudobombax ellipticum</i> | 0.350 | 22.00 | 5.77 | 0.26 | 3.02 | 0.13 | 1.91 | 7.89 | 0.35 | 220.35 | 22.88 | 77.12 | Echenique (1969) |
| 165 | <i>Pseudobombax ellipticum</i> | 0.350 | 25.05 | 6.81 | 0.27 | 3.71 | 0.15 | 1.83 | 10.29 | 0.41 | 220.35 | 22.88 | 77.12 | Tamarit (2003) |
| 166 | <i>Pseudobombax ellipticum</i> | 0.480 | 20.56 | 7.23 | 0.35 | 3.42 | 0.17 | 2.11 | 10.65 | 0.52 | 142.97 | 31.37 | 68.63 | Torelli (1982) |
| 167 | <i>Pseudolmedia oxiphyllaria</i> | 0.730 | 25.39 | 9.39 | 0.37 | 5.13 | 0.20 | 1.83 | 13.17 | 0.52 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Tamarit (2003) |
| 168 | <i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> | 0.730 | 25.00 | 10.78 | 0.43 | 5.90 | 0.23 | 1.83 | 15.27 | 0.61 | 71.63 | 47.71 | 52.29 | Echenique (1969) |
| 169 | <i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> | 0.720 | 22.30 | 11.32 | 0.51 | 4.04 | 0.18 | 2.80 | 15.36 | 0.69 | 73.53 | 47.06 | 52.94 | Torelli (1982) |
| 170 | <i>Pterocarpus hayesii</i> | 0.450 | 39.04 | 7.60 | 0.19 | 4.15 | 0.11 | 1.83 | 11.92 | 0.31 | 156.86 | 29.41 | 70.59 | Tamarit (2003) |
| 171 | <i>Pterocarpus hayesii</i> | 0.510 | 29.35 | 12.54 | 0.43 | 4.73 | 0.16 | 2.65 | 17.27 | 0.59 | 130.72 | 33.33 | 66.67 | Torelli (1982) |
| 172 | <i>Pucidia comunis</i> | 0.680 | 20.00 | 6.27 | 0.31 | 3.63 | 0.18 | 1.73 | 8.22 | 0.41 | 81.70 | 44.44 | 55.56 | Echenique (1969) |
| 173 | <i>Quararibea funebris</i> | 0.480 | 27.38 | 7.82 | 0.29 | 4.27 | 0.16 | 1.83 | 12.21 | 0.45 | 142.97 | 31.37 | 68.63 | Tamarit (2003) |
| 174 | <i>Quararibea funebris</i> | 0.470 | 26.66 | 7.63 | 0.29 | 5.85 | 0.22 | 1.09 | 11.83 | 0.44 | 147.41 | 30.72 | 69.28 | Bárcenas (1985) |
| 175 | <i>Quararibea funebris</i> | 0.480 | 27.00 | 5.85 | 0.22 | 7.63 | 0.29 | 1.30 | 11.83 | 0.44 | 142.97 | 31.37 | 68.63 | Bárcenas (2005) |
| 176 | <i>Quercus laeta</i> | 0.680 | 30.10 | 10.07 | 0.33 | 6.40 | 0.21 | 1.74 | 18.20 | 0.60 | 81.70 | 44.44 | 55.56 | Nájera (2005) |
| 177 | <i>Quercus acatenanguensis</i> | 0.660 | 32.80 | 11.02 | 0.32 | 7.76 | 0.26 | 1.53 | 15.75 | 0.46 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | Bárcenas (1985) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|---------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 178 | <i>Quercus acutifolia</i> | 0.667 | 33.33 | 9.03 | 0.27 | 4.93 | 0.15 | 2.79 | 20.01 | 0.60 | 84.57 | 43.59 | 56.41 | De La Paz (2008) |
| 179 | <i>Quercus affinis</i> | 0.579 | 29.44 | 8.49 | 0.29 | 4.63 | 0.16 | 2.36 | 15.34 | 0.52 | 107.35 | 37.84 | 62.16 | De La Paz (2008) |
| 180 | <i>Quercus anglohondurensis</i> | 0.860 | 27.70 | 15.66 | 0.57 | 5.19 | 0.19 | 3.02 | 20.85 | 0.75 | 50.92 | 56.21 | 43.79 | Torelli (1982) |
| 181 | <i>Quercus candicans</i> | 0.639 | 30.24 | 8.86 | 0.29 | 4.84 | 0.16 | 2.58 | 17.39 | 0.58 | 91.14 | 41.76 | 58.24 | De La Paz (2008) |
| 182 | <i>Quercus castanea</i> | 0.684 | 28.59 | 9.13 | 0.32 | 4.98 | 0.17 | 2.23 | 17.60 | 0.62 | 80.84 | 44.71 | 55.29 | De La Paz (2008) |
| 183 | <i>Quercus coccolobifolia</i> | 0.607 | 36.77 | 8.67 | 0.24 | 4.73 | 0.13 | 2.54 | 20.09 | 0.55 | 99.39 | 39.67 | 60.33 | De La Paz (2008) |
| 184 | <i>Quercus conspersa</i> | 0.687 | 29.50 | 9.15 | 0.31 | 4.99 | 0.17 | 2.24 | 18.24 | 0.62 | 80.20 | 44.90 | 55.10 | De La Paz (2008) |
| 185 | <i>Quercus convallata</i> | 0.712 | 30.45 | 9.29 | 0.31 | 5.07 | 0.17 | 2.45 | 19.51 | 0.64 | 75.09 | 46.54 | 53.46 | De La Paz (2008) |
| 186 | <i>Quercus crassifolia</i> | 0.680 | 33.50 | 12.42 | 0.35 | 5.99 | 0.20 | 1.94 | 17.94 | 0.51 | 81.70 | 44.44 | 55.56 | Bárceñas (1985) |
| 187 | <i>Quercus crassifolia</i> | 0.660 | 30.64 | 8.99 | 0.29 | 4.90 | 0.16 | 2.15 | 18.20 | 0.59 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | De La Paz (2008) |
| 188 | <i>Quercus crispipilis</i> | 0.664 | 37.52 | 9.01 | 0.24 | 4.92 | 0.13 | 2.42 | 22.42 | 0.60 | 85.24 | 43.40 | 56.60 | De La Paz (2008) |
| 189 | <i>Quercus durifolia</i> | 0.679 | 31.47 | 9.10 | 0.29 | 4.97 | 0.16 | 2.33 | 19.23 | 0.61 | 81.92 | 44.38 | 55.62 | De La Paz (2008) |
| 190 | <i>Quercus elliptica</i> | 0.710 | 38.70 | 14.77 | 0.38 | 7.55 | 0.20 | 1.95 | 20.13 | 0.52 | 75.49 | 46.41 | 53.59 | Arcia (1972) |
| 191 | <i>Quercus eugeniaefolia</i> | 0.591 | 28.60 | 8.57 | 0.30 | 4.67 | 0.16 | 2.95 | 15.21 | 0.53 | 103.85 | 38.63 | 61.37 | De La Paz (2008) |
| 192 | <i>Quercus excelsa</i> | 0.715 | 29.93 | 9.31 | 0.31 | 5.08 | 0.17 | 2.41 | 19.26 | 0.64 | 74.50 | 46.73 | 53.27 | De La Paz (2008) |
| 193 | <i>Quercus glabrescens</i> | 0.640 | 34.95 | 8.87 | 0.25 | 4.84 | 0.14 | 2.09 | 20.13 | 0.58 | 90.89 | 41.83 | 58.17 | De La Paz (2008) |
| 194 | <i>Quercus laeta</i> | 0.746 | 31.93 | 9.48 | 0.30 | 5.18 | 0.16 | 2.44 | 21.44 | 0.67 | 68.69 | 48.76 | 51.24 | De La Paz (2008) |
| 195 | <i>Quercus laurina</i> | 0.652 | 31.49 | 8.94 | 0.28 | 4.88 | 0.15 | 2.63 | 18.48 | 0.59 | 88.01 | 42.61 | 57.39 | De La Paz (2008) |
| 196 | <i>Quercus mexicana</i> | 0.613 | 32.92 | 8.70 | 0.26 | 4.75 | 0.14 | 2.03 | 18.16 | 0.55 | 97.77 | 40.07 | 59.93 | De La Paz (2008) |
| 197 | <i>Quercus obtusata</i> | 0.756 | 29.59 | 9.54 | 0.32 | 5.21 | 0.18 | 2.31 | 20.13 | 0.68 | 66.92 | 49.41 | 50.59 | De La Paz (2008) |
| 198 | <i>Quercus obtusata</i> | 0.683 | 20.66 | 9.12 | 0.44 | 4.98 | 0.24 | 1.83 | 12.70 | 0.61 | 81.05 | 44.64 | 55.36 | Sotomayor (2014) |
| 199 | <i>Quercus ochroetes</i> | 0.670 | 32.00 | 15.02 | 0.47 | 5.60 | 0.18 | 2.68 | 20.61 | 0.64 | 83.89 | 43.79 | 56.21 | Arcia (1972) |
| 200 | <i>Quercus potosina</i> | 0.767 | 32.61 | 9.60 | 0.29 | 5.24 | 0.16 | 2.67 | 22.51 | 0.69 | 65.02 | 50.13 | 49.87 | De La Paz (2008) |
| 201 | <i>Quercus resinosa</i> | 0.762 | 27.19 | 9.57 | 0.35 | 5.22 | 0.19 | 2.28 | 18.65 | 0.69 | 65.87 | 49.80 | 50.20 | De La Paz (2008) |
| 202 | <i>Quercus rugosa</i> | 0.600 | 28.50 | 12.53 | 0.35 | 5.32 | 0.21 | 2.35 | 15.64 | 0.64 | 101.31 | 39.22 | 60.78 | Bárceñas (1985) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|--------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 203 | <i>Quercus rugosa</i> | 0.688 | 30.56 | 9.15 | 0.30 | 4.99 | 0.16 | 2.35 | 18.92 | 0.62 | 79.99 | 44.97 | 55.03 | De La Paz (2008) |
| 204 | <i>Quercus scytophylla</i> | 0.637 | 34.38 | 8.85 | 0.26 | 4.83 | 0.14 | 2.66 | 19.71 | 0.57 | 91.63 | 41.63 | 58.37 | De La Paz (2008) |
| 205 | <i>Quercus sideroxylla</i> | 0.614 | 30.15 | 8.71 | 0.29 | 4.75 | 0.16 | 2.80 | 16.66 | 0.55 | 97.51 | 40.13 | 59.87 | De La Paz (2008) |
| 206 | <i>Quercus skinneri</i> | 1.060 | 25.52 | 11.05 | 0.37 | 6.48 | 0.14 | 2.02 | 17.53 | 0.69 | 28.98 | 69.28 | 30.72 | Torelli (1982) |
| 207 | <i>Quercus skinneri</i> | 0.662 | 27.48 | 9.00 | 0.33 | 4.91 | 0.18 | 2.08 | 16.37 | 0.60 | 85.70 | 43.27 | 56.73 | De La Paz (2008) |
| 208 | <i>Quercus</i> spp. | 0.702 | 23.60 | 9.23 | 0.39 | 5.04 | 0.21 | 1.83 | 14.91 | 0.63 | 77.09 | 45.88 | 54.12 | Sotomayor (2014) |
| 209 | <i>Quercus uxoris</i> | 0.616 | 33.13 | 8.72 | 0.26 | 4.76 | 0.14 | 2.64 | 18.37 | 0.55 | 96.98 | 40.26 | 59.74 | De La Paz (2008) |
| 210 | <i>Schizolobium parahibum</i> | 0.300 | 33.10 | 5.34 | 0.16 | 3.47 | 0.10 | 1.54 | 9.39 | 0.28 | 267.97 | 19.61 | 80.39 | Bárceñas (1985) |
| 211 | <i>Schizolobium parahibum</i> | 0.220 | 25.10 | 6.23 | 0.25 | 4.66 | 0.08 | 2.95 | 10.89 | 0.43 | 389.19 | 14.38 | 85.62 | Torelli (1982) |
| 212 | <i>Schizolobium parahibum</i> | 0.300 | 33.00 | 5.34 | 0.16 | 9.39 | 0.28 | 1.76 | 14.73 | 0.45 | 267.97 | 19.61 | 80.39 | Bárceñas (2005) |
| 213 | <i>Schizolobium parahybum</i> | 0.300 | 31.78 | 6.37 | 0.20 | 3.47 | 0.11 | 1.84 | 8.99 | 0.28 | 267.97 | 19.61 | 80.39 | Tamarit (2003) |
| 214 | <i>Sebastiania longicuspis</i> | 0.610 | 22.00 | 7.21 | 0.33 | 3.33 | 0.15 | 2.17 | 10.54 | 0.48 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Torelli (1982) |
| 215 | <i>Sebastiania longicuspis</i> | 0.610 | 19.20 | 8.68 | 0.45 | 4.74 | 0.25 | 1.83 | 12.83 | 0.67 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Tamarit (2003) |
| 216 | <i>Sickingia salvadorensis</i> | 0.780 | 27.40 | 12.33 | 0.45 | 4.85 | 0.18 | 2.54 | 17.18 | 0.63 | 62.85 | 50.98 | 49.02 | Torelli (1982) |
| 217 | <i>Sickingia salvadorensis</i> | 0.660 | 28.92 | 8.99 | 0.31 | 4.90 | 0.17 | 1.83 | 12.94 | 0.45 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | Tamarit (2003) |
| 218 | <i>Simarouba glauca</i> | 0.440 | 24.10 | 7.88 | 0.33 | 3.35 | 0.14 | 2.35 | 11.23 | 0.47 | 161.91 | 28.76 | 71.24 | Torelli (1982) |
| 219 | <i>Simarouba glauca</i> | 0.460 | 27.61 | 7.68 | 0.28 | 4.19 | 0.15 | 1.83 | 12.03 | 0.44 | 152.03 | 30.07 | 69.93 | Tamarit (2003) |
| 220 | <i>Spandias mombin</i> | 0.490 | 30.54 | 7.89 | 0.26 | 4.30 | 0.14 | 1.83 | 12.29 | 0.40 | 138.72 | 32.03 | 67.97 | Tamarit (2003) |
| 221 | <i>Spandias mombin</i> | 0.490 | 29.40 | 8.82 | 0.30 | 4.66 | 0.16 | 1.88 | 13.48 | 0.46 | 138.72 | 32.03 | 67.97 | Torelli (1982) |
| 222 | <i>Sterculia apetala</i> | 0.380 | 27.78 | 7.06 | 0.25 | 3.85 | 0.14 | 1.83 | 10.91 | 0.39 | 197.80 | 24.84 | 75.16 | Tamarit (2003) |
| 223 | <i>Swartzia cubensis</i> | 1.050 | 27.05 | 10.96 | 0.41 | 4.66 | 0.32 | 1.25 | 15.62 | 0.58 | 29.88 | 68.63 | 31.37 | Torelli (1982) |
| 224 | <i>Swartzia cubensis</i> | 1.050 | 20.86 | 11.01 | 0.53 | 6.01 | 0.29 | 1.83 | 19.43 | 0.93 | 29.88 | 68.63 | 31.37 | Tamarit (2003) |
| 225 | <i>Sweetia panamensis</i> | 0.870 | 19.36 | 10.14 | 0.52 | 5.54 | 0.29 | 1.83 | 14.42 | 0.74 | 49.58 | 56.86 | 43.14 | Tamarit (2003) |
| 226 | <i>Sweetia panamensis</i> | 0.870 | 24.40 | 10.03 | 0.41 | 5.13 | 0.21 | 1.96 | 15.16 | 0.62 | 49.58 | 56.86 | 43.14 | Torelli (1982) |
| 227 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 0.420 | 27.27 | 6.11 | 0.22 | 4.27 | 0.16 | 1.45 | 9.10 | 0.33 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Bárceñas (1985) |

| No. | Nombre Botánico | ρ_0 | PSF | β_T | λ_T | β_R | λ_R | β_T/β_R | β_V | λ_V | MCH | PC | EV | Referencia |
|-----|---------------------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------------|-----------|-------------|--------|-------|-------|------------------|
| | | (kg/m ³) | (%) | (%) | (%/%) | (%) | (%/%) | - | (%) | (%/%) | (%) | (%) | (%) | |
| 228 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 0.460 | 26.85 | 7.96 | 0.30 | 4.10 | 0.15 | 1.94 | 12.06 | 0.45 | 152.03 | 30.07 | 69.93 | Torelli (1982) |
| 229 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 0.420 | 24.07 | 7.38 | 0.31 | 4.02 | 0.17 | 1.83 | 11.55 | 0.48 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Tamarit (2003) |
| 230 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 0.420 | 27.00 | 4.27 | 0.16 | 6.11 | 0.22 | 1.43 | 9.10 | 0.33 | 172.74 | 27.45 | 72.55 | Bárcenas (2005) |
| 231 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 0.422 | 24.86 | 7.39 | 0.30 | 4.03 | 0.16 | 1.83 | 9.44 | 0.38 | 171.61 | 27.58 | 72.42 | Sotomayor (2014) |
| 232 | <i>Swietenia humillis</i> | 0.639 | 11.91 | 8.86 | 0.74 | 4.84 | 0.41 | 1.83 | 6.85 | 0.58 | 91.14 | 41.76 | 58.24 | Sotomayor (2014) |
| 233 | <i>Tabebuia donnell-smithii</i> | 0.399 | 26.46 | 6.20 | 0.23 | 3.30 | 0.12 | 1.88 | 9.50 | 0.36 | 185.27 | 26.08 | 73.92 | Silva (2012) |
| 234 | <i>Tabebuia rosea</i> | 0.509 | 20.08 | 6.20 | 0.31 | 3.00 | 0.15 | 2.07 | 9.20 | 0.46 | 131.10 | 33.27 | 66.73 | Silva (2012) |
| 235 | <i>Talauma mexicana</i> | 0.550 | 23.60 | 8.45 | 0.36 | 4.33 | 0.18 | 1.95 | 12.78 | 0.54 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Torelli (1982) |
| 236 | <i>Talauma mexicana</i> | 0.550 | 25.82 | 8.30 | 0.32 | 4.53 | 0.18 | 1.83 | 12.63 | 0.49 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Tamarit (2003) |
| 237 | <i>Terminalia amazonia</i> | 0.620 | 27.40 | 6.99 | 0.26 | 5.28 | 0.19 | 1.40 | 13.30 | 0.49 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Bárcenas (1985) |
| 238 | <i>Terminalia amazonia</i> | 0.660 | 22.90 | 7.66 | 0.33 | 4.31 | 0.19 | 1.77 | 11.97 | 0.52 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | Torelli (1982) |
| 239 | <i>Terminalia amazonia</i> | 0.620 | 23.84 | 8.75 | 0.37 | 4.77 | 0.20 | 1.83 | 12.85 | 0.54 | 95.93 | 40.52 | 59.48 | Tamarit (2003) |
| 240 | <i>Terminalia amazonia</i> | 0.610 | 27.00 | 5.28 | 0.19 | 6.99 | 0.26 | 1.32 | 13.30 | 0.49 | 98.57 | 39.87 | 60.13 | Bárcenas (2005) |
| 241 | <i>Vatairea lundelli</i> | 0.560 | 23.40 | 7.18 | 0.30 | 4.69 | 0.20 | 1.53 | 11.87 | 0.51 | 113.21 | 36.60 | 63.40 | Bárcenas (1985) |
| 242 | <i>Vatairea lundelli</i> | 0.780 | 26.00 | 9.63 | 0.37 | 4.79 | 0.18 | 2.01 | 14.42 | 0.55 | 62.85 | 50.98 | 49.02 | Torelli (1982) |
| 243 | <i>Vatairea lundelli</i> | 0.560 | 23.55 | 8.37 | 0.36 | 4.56 | 0.19 | 1.83 | 12.67 | 0.54 | 113.21 | 36.60 | 63.40 | Tamarit (2003) |
| 244 | <i>Vatairea lundelli</i> | 0.560 | 23.00 | 4.69 | 0.20 | 7.18 | 0.30 | 1.54 | 11.87 | 0.52 | 113.21 | 36.60 | 63.40 | Bárcenas (2005) |
| 245 | <i>Vitex gaumeri</i> | 0.660 | 20.60 | 8.50 | 0.41 | 4.10 | 0.20 | 2.07 | 12.60 | 0.61 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | Torelli (1982) |
| 246 | <i>Vitex gaumeri</i> | 0.660 | 21.21 | 8.99 | 0.42 | 4.90 | 0.23 | 1.83 | 12.94 | 0.61 | 86.16 | 43.14 | 56.86 | Tamarit (2003) |
| 247 | <i>Vochysia hondurensis</i> | 0.430 | 30.70 | 7.66 | 0.25 | 3.31 | 0.11 | 1.92 | 12.20 | 0.40 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Bárcenas (1985) |
| 248 | <i>Vochysia hondurensis</i> | 0.550 | 27.20 | 12.74 | 0.47 | 3.99 | 0.15 | 3.19 | 16.73 | 0.62 | 116.46 | 35.95 | 64.05 | Torelli (1982) |
| 249 | <i>Vochysia hondurensis</i> | 0.430 | 31.00 | 3.31 | 0.11 | 7.66 | 0.25 | 2.31 | 12.20 | 0.20 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Bárcenas (2005) |
| 250 | <i>Vochysia hondurensis</i> | 0.430 | 31.52 | 7.45 | 0.24 | 4.06 | 0.13 | 1.83 | 11.68 | 0.37 | 167.20 | 28.10 | 71.90 | Tamarit (2003) |
| 251 | <i>Zuelania guidonia</i> | 0.700 | 22.78 | 9.22 | 0.40 | 5.03 | 0.22 | 1.83 | 13.05 | 0.57 | 77.50 | 45.75 | 54.25 | Tamarit (2003) |
| 252 | <i>Zuelania guidonia</i> | 0.700 | 22.50 | 10.98 | 0.49 | 3.37 | 0.15 | 3.26 | 14.35 | 0.64 | 77.50 | 45.75 | 54.25 | Torelli (1982) |

Anexo 4. Nomenclaturas de corridas de SAS

1. Componentes de varianza

```
options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola' 2='Rastra sabana';
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial. ;
proc varcomp data=densi;
class presi arbol axial edad;
model Db CV PSF HCV MCH PC EV=presi axial(presi) edad(presi) presi(arbol
axial edad);
run;
proc means min mean max var CV data=densi;
var Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
run;
```

2. Prueba de normalidad para cada una de las variables para el conjunto de las dos plantaciones

```
options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola' 2='Rastra sabana';
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial radial Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial.;
```



```
lDb=log(Db);Dbracua=sqrt (Db);Dbinv=1/Db;Db2=db**2;
lCV=log(CV);CVracua=sqrt (CV);CVinv=1/CV;CV2=CV**2;CV100=CV/100; CVraiz=
sqrt(CV100); CVE= arsin(CVraiz);
lCT=log(CT);CTracua=sqrt (CT);CTinv=1/CT;CT2=CV**2;CT100=CT/100; CTraiz=
sqrt(CT100); CTE= arsin(CTraiz);
lCR=log(CR);CRracua=sqrt (CR);CRinv=1/CR;CR2=CR**2;CR100=CR/100; CRraiz=
sqrt(CR100); CRE= arsin(CRraiz);
lPSF=log(PSF);PSFracua=sqrt
(PSF);PSFinv=1/PSF;PSF2=PSF**2;PSF100=PSF/100; PSFraiz= sqrt(CT100);
PSFE= arsin(PSFraiz);
lHCT=log(HCT);HCTracua=sqrt
(HCT);HCTinv=1/HCT;HCT2=HCT**2;HCT100=HCT/100; HCTraiz= sqrt(HCT100);
HCTE= arsin(HCTraiz);
lHCR=log(HCR);HCRracua=sqrt
(HCR);HCRinv=1/HCR;HCR2=HCR**2;HCR100=HCR/100; HCRraiz= sqrt(HCR100);
HCRE= arsin(HCRraiz);
lHCV=log(HCV);HCVracua=sqrt
(HCV);HCVinv=1/HCV;HCV2=HCV**2;HCV100=HCV/100; HCVraiz= sqrt(HCV100);
HCVE= arsin(HCVraiz);
lRA=log(RA);RARacua=sqrt (RA);RAinv=1/RA;RA2=RA**2;RA100=RA/100; RAracua=
sqrt(RA100); RAE= arsin(RAraiz);
lMCH=log(MCH);MCHracua=sqrt (MCH);MCHinv=1/MCH;MCH2=MCH**2;MCH100=CT/100;
MCHraiz= sqrt(MCH100); MCHE= arsin(MCHraiz);
```

```

lPC=log(PC);PCracua=sqrt (PC);PCinv=1/PC;PC2=PC**2;PC100=CT/100; PCraiz=
sqrt(PC100); PCE= arsin(PCraiz);
lEV=log(EV);EVracua=sqrt (EV);EVinv=1/EV;EV2=EV**2;EV100=EV/100; EVraiz=
sqrt(EV100); EVE= arsin(EVraiz);
proc univariate normal plot data=densi;
var Db lDb Dbracua Dbinv Db2;
var CV lCV CVracua CVinv CV2 CVE;
var CT lCT CTracua CTinv CT2 CTE;
var CR lCR CRracua CRinv CR2 CRE;
var PSF lPSF PSFracua PSFinv PSF2 PSFE;
var HCT lHCT HCTracua HCTinv HCT HCTE;
var HCR lHCR HCRracua HCRinv HCR2 HCRE;
var RA lRA RAracua RAinv RA2 RAE;
var HCV lHCV HCVracua HCVinv HCV2 HCVE;
var MCH lMCH MCHracua MCHinv MCH2;
var PC lPC PCracua PCinv PC2 PCE;
var EV lEV EVracua EVinv EV2 EVE;
run;

```

3. Prueba de normalidad de cada una de las variables para la plantación B

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola'
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial radial Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial. ;
lDb=log(Db);Dbracua=sqrt (Db);Dbinv=1/Db;Db2=db**2;
lCV=log(CV);CVracua=sqrt (CV);CVinv=1/CV;CV2=CV**2;CV100=CV/100; CVraiz=
sqrt(CV100); CVE= arsin(CVraiz);
lCT=log(CT);CTracua=sqrt (CT);CTinv=1/CT;CT2=CV**2;CT100=CT/100; CTraiz=
sqrt(CT100); CTE= arsin(CTraiz);
lCR=log(CR);CRracua=sqrt (CR);CRinv=1/CR;CR2=CR**2;CR100=CR/100; CRraiz=
sqrt(CR100); CRE= arsin(CRraiz);
lPSF=log(PSF);PSFracua=sqrt
(PSF);PSFinv=1/PSF;PSF2=PSF**2;PSF100=PSF/100; PSFraiz= sqrt(CT100);
PSFE= arsin(PSFraiz);
lHCT=log(HCT);HCTracua=sqrt
(HCT);HCTinv=1/HCT;HCT2=HCT**2;HCT100=HCT/100; HCTraiz= sqrt(HCT100);
HCTE= arsin(HCTraiz);
lHCR=log(HCR);HCRracua=sqrt
(HCR);HCRinv=1/HCR;HCR2=HCR**2;HCR100=HCR/100; HCRraiz= sqrt(HCR100);
HCRE= arsin(HCRraiz);
lHCV=log(HCV);HCVracua=sqrt
(HCV);HCVinv=1/HCV;HCV2=HCV**2;HCV100=HCV/100; HCVraiz= sqrt(HCV100);
HCVE= arsin(HCVraiz);
lRA=log(RA);RAracua=sqrt (RA);RAinv=1/RA;RA2=RA**2;RA100=RA/100; RAracua=
sqrt(RA100); RAE= arsin(RAracua);
lMCH=log(MCH);MCHracua=sqrt (MCH);MCHinv=1/MCH;MCH2=MCH**2;MCH100=CT/100;
MCHraiz= sqrt(MCH100); MCHC= arsin(MCHraiz);
lPC=log(PC);PCracua=sqrt (PC);PCinv=1/PC;PC2=PC**2;PC100=CT/100; PCraiz=
sqrt(PC100); PCE= arsin(PCraiz);
lEV=log(EV);EVracua=sqrt (EV);EVinv=1/EV;EV2=EV**2;EV100=EV/100; EVraiz=
sqrt(EV100); EVE= arsin(EVraiz);

```

```

proc univariate normal plot data=densi;
var Db lDb Dbracua Dbinv Db2;
var CV lCV CVracua CVinv CV2 CVE;
var CT lCT CTracua CTinv CT2 CTE;
var CR lCR CRracua CRinv CR2 CRE;
var PSF lPSF PSFracua PSFinv PSF2 PSFE;
var HCT lHCT HCTracua HCTinv HCT2 HCTE;
var HCR lHCR HCRracua HCRinv HCR2 HCRE;
var RA lRA RAracua RAinv RA2 RAE;
var HCV lHCV HCVracua HCVinv HCV2 HCVE;
var MCH lMCH MCHracua MCHinv MCH2;
var PC lPC PCracua PCinv PC2 PCE;
var EV lEV EVracua EVinv EV2 EVE;
run;

```

4. Prueba de normalidad de cada una de las variables para la plantación A

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 2='Rastra sabana';
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial radial Db CV CT CR PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial.;
lDb=log(Db);Dbracua=sqrt (Db);Dbinv=1/Db;Db2=db**2;
lCV=log(CV);CVracua=sqrt (CV);CVinv=1/CV;CV2=CV**2;
lCT=log(CT);CTracua=sqrt (CT);CTinv=1/CT;CT2=CV**2;
lCR=log(CR);CRracua=sqrt (CR);CRinv=1/CR;CR2=CR**2;
lPSF=log(PSF);PSFracua=sqrt (PSF);PSFinv=1/PSF;PSF2=PSF**2;
lHCT=log(HCT);HCTracua=sqrt (HCT);HCTinv=1/HCT;HCT2=HCT**2;
lHCR=log(HCR);HCRracua=sqrt (HCR);HCRinv=1/HCR;HCR2=HCR**2;
lHCV=log(HCV);HCVracua=sqrt (HCV);HCVinv=1/HCV;HCV2=HCV**2;
lRA=log(RA);RAracua=sqrt (RA);RAinv=1/RA;RA2=RA**2;
lMCH=log(MCH);MCHracua=sqrt (MCH);MCHinv=1/MCH;MCH2=MCH**2;
lPC=log(PC);PCracua=sqrt (PC);PCinv=1/PC;PC2=PC**2;
lEV=log(EV);EVracua=sqrt (EV);EVinv=1/EV;EV2=EV**2;

proc univariate normal plot data=densi;
var Db lDb Dbracua Dbinv Db2;
var Db lDb Dbracua Dbinv Db2;
var CV lCV CVracua CVinv CV2;
var CT lCT CTracua CTinv CT2;
var CR lCR CRracua CRinv CR2;
var PSF lPSF PSFracua PSFinv PSF2;
var HCT lHCT HCTracua HCTinv HCT2;
var HCR lHCR HCRracua HCRinv HCR2;
var RA lRA RAracua RAinv RA2;
var HCV lHCV HCVracua HCVinv HCV2;
var MCH lMCH MCHracua MCHinv MCH2;
var PC lPC PCracua PCinv PC2;
var EV lEV EVracua EVinv EV2;

run;

```

5. Análisis de varianza de cada una de las variables para el conjunto de dos plantaciones

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola' 2='Rastra sabana';
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial. ;

Dbinv=1/Db;
CVracua=sqrt(CV);
CT100=CT/100; CTraiz= sqrt(CT100); CTE= arsin(CTraiz);
lCR=log(CR);
PSFracua=sqrt(PSF);
HCT100=HCT/100; HCTraiz= sqrt(HCT100); HCTE= arsin(HCTraiz);
HCRracua=sqrt(HCR);
lRA=log(RA);
HCVinv=1/HCV;
PCinv=1/PC;
EV2=EV**2;
proc glm data=densi;
class presi axial edad;
model HCRracua = presi axial edad presi*axial presi*edad axial*edad
presi*axial*edad;
means presi / tukey lines;
means edad / tukey lines;
run;

```

6. Análisis de varianza de cada una de las variables para la plantación B

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola'
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\agricola.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial. ;
lDb=log(Db);
lCV=log(CV);
CTracua=sqrt(CT);
lCR=log(CR);
lPSF=log(PSF);
HCRracua=sqrt(HCR);
lHCV=log(HCV);
RARacua=sqrt(RA);
lMCH=log(MCH);
lPC=log(PC);
EV2=EV**2;
proc glm data=densi;
class axial edad;
model lDb = axial edad axial*edad;
means edad / tukey lines;
run;

```

7. Análisis de varianza de cada una de las variables para la plantación A


```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 2='Rastra sabana';
value axial 1='0.10m' 2='0.30m' 3='1.30m';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\rastra sabana.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. Axial Axial. ;
Db2=Db**2;
CTracua=sqrt(CT);
CRracua=sqrt(CR);
lPSF=log(PSF);
HCTinv=1/HCT;
HCRinv=1/HCR;
MCHracua=sqrt(MCH);
lPC=log(PC);
lEV=log(EV);
proc glm data=densi;
class axial edad;
model lEV =axial edad axial*edad;
means axial / tukey lines;
run;

```

8 . Analisis estadístico por plantación

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value Presi 1='Agricola' 2='Rastra sabana';
data densi;
infile 'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\com var SAS.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
format Presi Presi. ;
lDb=log(Db);Dbracua=sqrt(Db);Dbinv=1/Db;Db2=db**2;
lCV=log(CV);CVracua=sqrt(CV);CVinv=1/CV;CV2=CV**2;CV100=CV/100; CVraiz=
sqrt(CV100); CVE= arsin(CVraiz);
lCT=log(CT);CTracua=sqrt(CT);CTinv=1/CT;CT2=CV**2;CT100=CT/100; CTraiz=
sqrt(CT100); CTE= arsin(CTraiz);
lCR=log(CR);CRracua=sqrt(CR);CRinv=1/CR;CR2=CR**2;CR100=CR/100; CRraiz=
sqrt(CR100); CRE= arsin(CRraiz);
lPSF=log(PSF);PSFracua=sqrt
(PSF);PSFinv=1/PSF;PSF2=PSF**2;PSF100=PSF/100; PSFraiz= sqrt(CT100);
PSFE= arsin(PSFraiz);
lHCT=log(HCT);HCTracua=sqrt
(HCT);HCTinv=1/HCT;HCT2=HCT**2;HCT100=HCT/100; HCTraiz= sqrt(HCT100);
HCTE= arsin(HCTraiz);
lHCR=log(HCR);HCRracua=sqrt
(HCR);HCRinv=1/HCR;HCR2=HCR**2;HCR100=HCR/100; HCRraiz= sqrt(HCR100);
HCRE= arsin(HCRraiz);
lHCV=log(HCV);HCVracua=sqrt
(HCV);HCVinv=1/HCV;HCV2=HCV**2;HCV100=HCV/100; HCVraiz= sqrt(HCV100);
HCVE= arsin(HCVraiz);
lRA=log(RA);RARacua=sqrt(RA);RAinv=1/RA;RA2=RA**2;RA100=RA/100; RAracua=
sqrt(RA100); RAE= arsin(RAraiz);
lMCH=log(MCH);MCHracua=sqrt(MCH);MCHinv=1/MCH;MCH2=MCH**2;MCH100=CT/100;
MCHraiz= sqrt(MCH100); MCHC= arsin(MCHraiz);
lPC=log(PC);PCracua=sqrt(PC);PCinv=1/PC;PC2=PC**2;PC100=CT/100; PCraiz=
sqrt(PC100); PCE= arsin(PCraiz);

```

```

lEV=log(EV);EVracua=sqrt (EV);EVinv=1/EV;EV2=EV**2;EV100=EV/100; EVraiz=
sqrt(EV100); EVE= arsin(EVraiz);
proc ttest;
class presi;
var Dbinv CTE lCR CVracua PSFracua HCTE HCRracua lRA HCVinv MCH PCinv
EV2;
run;
Proc sort;
by presi;
Run;
proc means n min mean max stderr cv maxdec=4;
by presi;
var Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
run;
output out=medias mean=Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV
stderr = erDb erCT erCR erCV erPSF erHCT erHCR erRA erHCV erMCH erPC
erEV;
run;

```

9 . Analisis estadístico del eje radial

```

options pagesize=60 linesize=80 pageno=1;
proc format;
value madera 1= 'Anormal' 2= 'Normal';
data densi;
infile
'C:\Users\wlizb\OneDrive\Escritorio\WLMS\agricola.dat';
input Presi ARBOL axial edad Db CT CR CV PSF HCT HCR RA
HCV MCH PC EV;
format madera madera.;
lDb=log(Db);Dbracua=sqrt (Db);Dbinv=1/Db;Db2=db**2;
lCV=log(CV);CVracua=sqrt
(CV);CVinv=1/CV;CV2=CV**2;CV100=CV/100; CVraiz=
sqrt(CV100); CVE= arsin(CVraiz);
lCT=log(CT);CTracua=sqrt
(CT);CTinv=1/CT;CT2=CV**2;CT100=CT/100; CTraiz=
sqrt(CT100); CTE= arsin(CTraiz);
lCR=log(CR);CRracua=sqrt
(CR);CRinv=1/CR;CR2=CR**2;CR100=CR/100; CRraiz=
sqrt(CR100); CRE= arsin(CRraiz);
lPSF=log(PSF);PSFracua=sqrt
(PSF);PSFinv=1/PSF;PSF2=PSF**2;PSF100=PSF/100; PSFraiz=
sqrt(CT100); PSFE= arsin(PSFraiz);
lHCT=log(HCT);HCTracua=sqrt
(HCT);HCTinv=1/HCT;HCT2=HCT**2;HCT100=HCT/100; HCTraiz=
sqrt(HCT100); HCTE= arsin(HCTraiz);
lHCR=log(HCR);HCRracua=sqrt
(HCR);HCRinv=1/HCR;HCR2=HCR**2;HCR100=HCR/100; HCRraiz=
sqrt(HCR100); HCRE= arsin(HCRraiz);
lHCV=log(HCV);HCVracua=sqrt
(HCV);HCVinv=1/HCV;HCV2=HCV**2;HCV100=HCV/100; HCVraiz=
sqrt(HCV100); HCVE= arsin(HCVraiz);
lRA=log(RA);RARacua=sqrt
(RA);RAinv=1/RA;RA2=RA**2;RA100=RA/100; RAr aiz=
sqrt(RA100); RAE= arsin(RAr aiz);

```

```

lMCH=log(MCH);MCHracua=sqrt
(MCH);MCHinv=1/MCH;MCH2=MCH**2;MCH100=CT/100; MCHraiz=
sqrt(MCH100); MCHrE= arsin(MCHraiz);
lPC=log(PC);PCracua=sqrt
(PC);PCinv=1/PC;PC2=PC**2;PC100=CT/100; PCraiz=
sqrt(PC100); PCE= arsin(PCraiz);
lEV=log(EV);EVracua=sqrt
(EV);EVinv=1/EV;EV2=EV**2;EV100=EV/100; EVraiz=
sqrt(EV100); EVE= arsin(EVraiz);
if edad= 2 or edad =3 or edad=4 or edad=5 or edad=6
then madera = 1;
if edad= 7 or edad =8 or edad=9 or edad=10 or edad=11
then madera = 2;
proc ttest;
class madera;
var Dbinv CTE lCR CVracua PSFracua HCTE HCRracua lRA
HCVinv MCH PCinv EV2;
run;
Proc sort;
by madera;
Run;
proc means;
by madera;
var Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV MCH PC EV;
output out=medias mean=Db CT CR CV PSF HCT HCR RA HCV
MCH PC EV
stderr = erDb erCT erCR erCV erPSF erHCT erHCR erRA
erHCV erMCH erPC erEV;
run;

```

