UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Estimación del Valor en Pie de Diez (10) especies maderables para la zona de Antioquia, Colombia

Sara Bibiana Martínez Martínez
Ingeniera Catastral y Geodesta – 20232117014

Juan Manuel Pineda Triviño
Ingeniero Catastral y Geodesta – 20232117019

Universidad Distrital Francisco José De Caldas
Especialización En Avalúos
Bogotá
2024

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Estimación del Valor en Pie de Diez (10) especies maderables para la zona de Antioquia, Colombia

Sara Bibiana Martínez Martínez

Ingeniera Catastral y Geodesta – 20232117014

Juan Manuel Pineda Triviño

Ingeniero Catastral y Geodesta – 20232117019

Proyecto de grado en modalidad de monografía para optar por el título de Especialistas en Avalúos con énfasis en Avalúos Rurales

Director:

Oscar Fernando Torres Colmenares

Ingeniero Catastral y Geodesta – Docente de Planta Universidad Distrital Economista – Especialista en Avalúos – Especialista en Planificación y Administración del Desarrollo Regional

Especialización En Avalúos

Bogotá

2024

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9
RESUMEN 11
OBJETIVO GENERAL: 12
MARCO DE REFERENCIA 13
MARCO ESPACIAL 14
MARCO TEÓRICO 15
VALORES FINANCIEROS 17
VALORACIÓN CON TÉCNICA INDIRECTA O RESIDUAL 17
VALORACIÓN DE MADERABLES 18
REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE 18
VARIABLES DICOTOMICAS O DUMMY 18
SUPUESTO DE NORMALIDAD 19
SUPUESTO DE HOMOCEDASTICIDAD 19
SUPUESTO DE MULTICOLINEALIDAD 20
1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES MADERABLES 21
1.1 TECA 21
1.1.1 Nombre científico 21
1.1.2 Descripción 21
1.1.3 Trabajabilidad 22
1.1.4 Usos 22
1.1.5 Región de origen 22
1.2 FLOR MORADO 22
1.2.1 Nombre científico 22
1.2.2 Descripción 23
1.2.3 Trabajabilidad 23
1.2.4 Usos 23
1.2.5 Región de origen 23
1.3 CHOIBÁ 24
1.3.1 Nombre científico 24
1.3.2 Descripción 24
1.3.3 Trabajabilidad 24

1.3.4 Usos 25
1.3.5 Región de origen 25
1.4 GRANADILLO 25
1.4.1 Nombre científico 25
1.4.2 Descripción 26
1.4.3 Trabajabilidad 26
1.4.4 Usos 26
1.4.5 Región de origen 26
1.5 CEDRO AMARGO 27
1.5.1 Nombre científico 27
1.5.2 Descripción 27
1.5.3 Trabajabilidad 28
1.5.4 Usos 28
1.5.5 Región de origen 28
1.6 SAPÁN 29
1.6.1 Nombre científico 29
1.6.2 Descripción: 29
1.6.3 Trabajabilidad 29
1.6.4 Usos 30
1.6.5 Región de origen 30
1.7 CHINGALÉ 30
1.7.1 Nombre científico 30
1.7.2 Descripción 30
1.7.3 Trabajabilidad 31
1.7.4 Usos 31
1.7.5 Región de origen 31
1.8 PINO PÁTULA 32
1.8.1 Nombre científico 32
1.8.2 Descripción 32
1.8.3 Trabajabilidad 33
1.8.4 Usos 33
1.8.5 Región de origen 33
1.9 PUERTO ASÍS 33

1.9.1 Nombre científico 33
1.9.2 Descripción 33
1.9.3 Trabajabilidad 34
1.9.4 Usos 34
1.9.5 Región de origen 34
1.10 PERILLO 35
1.10.1 Nombre científico 35
1.10.2 Descripción 35
1.10.3 Trabajabilidad 35
1.10.4 Usos 35
1.10.5 Región de origen 36
2. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES 36
2.1 Dimensiones de corte de la madera 36
2.1.1 Pieza: 36
2.1.2 Rastra: 36
2.2 Diámetro altura de pecho (Dap): 36
2.2.1 Árbol erguido con terreno plano. 37
2.2.2 Árbol en terreno inclinado. 37
2.2.3 Árbol horquillado. 37
2.2.4 Árbol con la base del tronco ensanchada o árbol con contrafuertes: 38
2.3 Altura comercial 38
2.4 Destronque 39
2.5 Talado y cortado de la rastra 39
2.6 Volumen generado del árbol 39
2.7 Porcentaje de aprovechamiento 40
2.8 Valor del árbol en pie 40
2.9 Flete de transporte de las rastras en bestias (mulas) 40
2.10 Flete de transporte de las rastras en tractomula hasta Bogotá 40
2.11 Salvoconducto de movilización 41
2.12 Precio de la carga y descarga de la madera, ... 41
3. TRABAJO DE CAMPO 42
3.1 Aserraderos encuestados: 42

3.2 Preguntas realizadas. 42
3.3 Resultado de la investigación en los aserraderos: 43
3.3.1 TECA: 43
3.3.2 FLOR MORADO: 44
3.3.3 SAPÁN: 44
3.3.4 CHOIBÁ: 45
3.3.5 GRANADILLO: 45
3.3.6 CEDRO AMARGO: 46
3.3.7 CHINGALÉ: 46
3.3.8 PINO PÁTULA: 47
3.3.9 PUERTO ASÍS: 47
3.3.10 PERILLO: 48
3.4 Aserradores encuestados: 48
4. CÁLCULOS DEL VALOR EN PIE Y RESULTADOS 50
5. AUTOMATIZACIÓN DE CÁLCULOS Y RESULTADOS 54
5.1 RESULTADOS 56
CONCLUSIONES 59
BIBLIOGRAFÍA 61

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Teca Fuente: http://maderas.ut.edu.co/especies/pagina_especie.php?especie=teca ____ 21
Ilustración 2 Pieza de teca en aserradero. Fuente: Propia ____ 21
Ilustración 3 Flor Morado. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/flor-morado-roble-tabebuia-roseae.html ____ 22
Ilustración 4 Pieza Flor morado en aserradero. Fuente: Propia ____ 22
Ilustración 5 Pieza de Choibá en aserradero. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/choiba-dipteryx-oleifera.html ____ 24
Ilustración 6 Árbol Choibá. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/choiba-dipteryx-oleifera.html ____ 24
Ilustración 7 Pieza de Granadillo en aserradero. Fuente: Propia ____ 25
Ilustración 8 Granadillo. Fuente: https://colombia.inaturalist.org/taxa/874644-Brosimum-rubescens ____ 25
Ilustración 9 Vista Cedro amargo pulido en aserradero. Fuente: https://greyforestal.com/cedro/ ____ 27
Ilustración 10 Cedro Amargo. Fuente: CAR (2019) ____ 27
Ilustración 11 Pieza de Sapán en aserradero. Fuente: Propia ____ 29
Ilustración 12 Sapán Fuente: https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/3d28ec8d-ad47-43b2-ba45-e98537bcde61 ____ 29
Ilustración 13 Chingalé. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/category/especies ____ 30
Ilustración 14 Pino Patula. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pino-patula.html ____ 32
Ilustración 15 Vista bloque Puerto Asís. Fuente: https://monomerados.com/tienda/chapillas/chapilla-cedro-puerto-asis/ ____ 33
Ilustración 16 Vista bloque Puerto Asís. Fuente: https://monomerados.com/tienda/chapillas/chapilla-cedro-puerto-asis/ ____ 33
Ilustración 17 Perillo. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/perillo-couma-macrocarpa.html ____ 35
Ilustración 18 Diámetro altura pecho. Fuente: https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf ____ 37
Ilustración 19 Dap en Árbol terreno inclinado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content ____ 37
Ilustración 20 Dap en Árbol Horquillado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content ____ 38
Ilustración 21 Dap en árbol con la base del tronco ensanchado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content ____ 38
Ilustración 22 Distribución de probabilidad de la variable respuesta. RStudio. ____ 55
Ilustración 23 Creación de dummys RStudio. ____ 55
Ilustración 24 Código de ajuste del mejor modelo para cada especie. RStudio. ____ 55
Ilustración 25 Código de validación de los supuestos del modelo. RStudio. ____ 56

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

CARGA: Precio de la carga y descarga por rastra.

DAP: Diámetro altura de pecho.

DEST: Destronque.

F_BESTIAS: Flete de transporte de las rastras en bestias (mulas).

F_BOGOTA: Flete de transporte de las rastras en tractomula hasta Bogotá.

H: Altura Comercial.

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ID_E: Identificador de especie.

SALVO: Salvoconducto de corte de árbol.

TAL: Talado y cortado de la rastra.

VAL_PIE: Valor de árbol en pie.

VAL_COM: Valor respuesta de la regresión con la transformación logarítmica.

VIF: Valor de inflación de varianza.

VOL: Volumen generado del árbol.

INTRODUCCIÓN

El quehacer valuatorio actual en la ruralidad de Colombia se enfrenta diariamente a retos de valoración de especies que no cuentan con metodologías claras, que permitan determinar el valor como es el caso de las especies maderables, de conformidad con la Resolución 620 de 2008 del IGAC "Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997", se puede aplicar el método de capitalización de rentas o ingresos para los cultivos, teniendo en cuenta la valoración futura y la explotación de este mediante un flujo de caja, sin embargo este procedimiento no aplica para las especies maderables dada su naturaleza. Las especies maderables no generan un fruto que puede ser comercializado y por tanto el valor a pagar no puede darse por medio de un flujo de caja.

En Colombia, la biodiversidad de los bosques es una de las más ricas del mundo, y una explotación no regulada puede llevar a la pérdida irreversible de especies valiosas tanto ecológica como económicamente, por esta razón la valoración de especies maderables es un proceso crucial que tiene implicaciones económicas, ambientales y sociales significativas, es de vital importancia aclarar, que la presente investigación se centrará netamente en el impacto económico y de explotación de la madera.

El aporte de las especies maderables esta dado en función de que se puede hacer con la madera al momento de realizar la tala, la cantidad de piezas y el diámetro, sin embargo, esta información es escasa por lo que al momento de realizar avalúos que involucren estas especies no siempre se da el valor que debería tener. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se plantea la necesidad de establecer una tabla de estimaciones aproximando los valores de los árboles en bien con el fin de determinar el valor que debe ser compensado o pagado en los casos en los que deba ser retirado.

El presente trabajo busca estimar el valor comercial de un árbol en pie de Diez (10) especies maderables, a partir de sus características físicas y factores del mercado que influyen en su comercialización, para lo cual es necesario realizar una investigación con el fin de conseguir la información proveniente de aserraderos, cultivadores y expertos.

Con el desarrollo de este proyecto, se elaborará una tabla que estime los valores de las especies en función de la altura, el diámetro y los costos de comercialización. Esta tabla servirá de apoyo y consulta para la actividad valuatoria, facilitando la realización de avalúos de especies maderables en el departamento de Antioquia.

RESUMEN

En este proyecto de grado se elaboró una tabla de estimación de valores en pie de Diez (10) especies maderables comercializadas en el departamento de Antioquia, con base a la información capturada en campo y por internet de: aserradores, empresas dedicadas a la comercialización de maderas y entidades reguladoras.

A lo largo del documento se expondrán las especies objeto de estudio, resaltando las características físicas, usos y calidad de la madera.

Posteriormente se presentará la información recopilada de aserraderos y personas dedicadas a la comercialización de maderas, con estos datos se realizará estadística para terminar con los cálculos correspondientes al valor del árbol en pie de cada una de las especies.

Resulta importante destacar, que los cálculos que se realizaron del valor del árbol en pie son netamente asociados a los costos por aprovechamiento maderable (valores financieros), no se toman en consideración los costos o factores ambientales.

OBJETIVO GENERAL:

Estimar el valor en pie de diez especies maderables encontradas en el departamento de Antioquia, teniendo como base a las características físicas y de comercialización para su explotación maderable.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y describir cada una de las especies sobre las cuales se va a realizar la monografía.
- Elaborar un estudio de mercado del valor de las especies maderables objeto de estudio.
- Elaborar una tabla de estimación de valores de las especies en pie, teniendo en cuenta factores de comercialización como tala, aprovechamiento y transporte.
- Automatizar el cálculo del valor en pie de las especies, mediante regresión lineal múltiple.

MARCO DE REFERENCIA

En la actualidad, la práctica de los avaluadores se remonta a los economistas clásicos como Smith, Ricardo y Marx, quienes dedicaron gran parte de sus carreras a estudiar la teoría del valor, haciendo propuestas que dieran de cuenta del origen del valor de los bienes, porque un bien vale más que otro y las paradojas que se desprenden del valor.

La teoría del valor-trabajo, presenta el concepto del valor de cambio, afirmando que un bien puede ser intercambiado por otro bien o servicio en el mercado. (Smith, 1776). Después, Ricardo complementó la teoría considerando los costos de producción, con la ley de rendimientos decrecientes, exponiendo que el valor de un bien aumenta según se necesiten recursos adicionales para su producción.

La teoría del valor de Marx se centra más en la concepción del valor de un bien basado en la cantidad de trabajo socialmente necesario para producirlo, argumentando que, en la economía capital, el trabajo se transforma en una mercancía que se puede transar en el mercado.

En la actualidad, en Colombia, los avaluadores enfrentan dificultades para determinar el valor de varias especies de árboles, especialmente las de naturaleza maderable. Por ende, el propósito de esta investigación es establecer valores comerciales aproximados para diez especies maderables, teniendo en cuenta sus atributos físicos y productivos, así como las teorías del valor previamente expuestas.

MARCO ESPACIAL

En la práctica profesional, se ha observado una alta concentración de avalúos en el departamento de Antioquia, donde ha surgido la necesidad de valorar especies maderables para diversas entidades a nivel nacional. Debido a la dinámica y extensión del departamento de Antioquia, la mayoría de estos casos se han registrado específicamente en esta región. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo determinar el valor de diez especies maderables distribuidas en diferentes áreas del departamento de Antioquia. Los valores obtenidos servirán como referencia específica para esta zona.



Fuente: Elaboración propia.

MARCO TEÓRICO

Como avaluadores es crucial tener un papel importante en las políticas ambientales del país, por lo tanto, la valoración de las especies maderables contribuye en gran medida a los objetivos del PIMLC, buscando la tala responsable y legal en Colombia.

En 2009, en Colombia nació el Pacto Intersectorial por la Madera Legal (PIMLC), una colaboración público-privada conformada por cuatro entidades: Corporación Autónoma Regional de Risaralda, apoyada por la Unión Europea, Federación Nacional de Industriales de la Madera, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo y el Fondo Mundial para la Naturaleza. Su propósito principal es garantizar que la madera extraída, transportada, transformada, comercializada y utilizada provenga únicamente de fuentes legales, lo que contribuirá significativamente a la aplicación de la Política Ambiental Nacional, al fomento del Desarrollo Sostenible y al fortalecimiento de la gobernanza forestal.

Según la WWF(2023):

> Si el sector maderero sigue el impulso que lleva hasta el momento, podría pasar de aportar del 0,69 al 1.4% del PIB para el 2026, con miras a alcanzar el 9% en el 2052, explica Vásquez en el artículo "Sector de la Madera estima a 2052 contribuir con el 9% del PIB", publicado en la revista Portafolio. En esa misma perspectiva, el Observatorio de Economía Forestal, con el apoyo de ONF Andina y el Instituto Global para el Crecimiento Verde (GGGI), publicó una Guía Técnica para brindar elementos claves para el diseño e implementación de plantaciones forestales comerciales en el país y cumplir con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esto permitiría, no solo crecer la oferta forestal de especies nativas e introducidas que por su gran importancia comercial se amenazaron, sino también posicionar a Colombia y a la región

como eje potencial de transformación y comercialización de la madera legal.

Según Rodríguez, Colombia podría llegar a ser el segundo productor forestal y de madera de Latinoamérica en tres décadas, si en un periodo de cuatro años se adoptan las medidas correctas para duplicar las plantaciones forestales comerciales y la producción de madera actual.

Miguel Vásquez, director ejecutivo de Fedemaderas explica que, en términos comerciales, el proceso de transformación de madera en el país presenta un déficit notable. Por ejemplo, las importaciones alcanzaron la cifra de US$198 millones para el año 2021. Esta situación se debe en gran medida a que Ecuador, proveedor principal de las importaciones, ofrece un subsidio del 75% en el proceso de transformación de la madera.

Para poder cumplir el reto de que el PIB de Colombia suba gracias a los aportes del sector maderero, se debe crear un rector forestal único que permita ejercer un modelo con participación del gobierno, las empresas privadas y la academia, con miras a la articulación de políticas, ejecución de controles, permisos y registros. Además, es de vital importancia generar emprendimientos y tecnología enfocadas a optimizar la productividad y competitividad incentivando la demanda a través de desestigmatizar el uso y consumo maderero y sus derivados. ("Madera legal: un mercado lleno de oportunidades para Colombia.", WWF, 2023).

Como se observa en los párrafos anteriores, el potencial maderero en Colombia es muy amplio, por lo que, aportar al mercado legal del mismo, desde los aspectos valuatorios es de gran importancia, sin embargo, "Es evidente que en el proceso de transformación de la materia prima se

incurren en unos costos asociados gracias a la aparición de un gran número de intermediarios, aparte de los costos de extracción los que elevan el valor comercial de las piezas maderables y las pérdidas generadas por la transformación, motivo por el cual al propietario le abaratan la unidad en pie, y no lo incentivan para la siembra y mantenimiento de un cultivo forestal, a parte que va en detrimento de su capital." (Dávila Castillo, 2003).

Dicha situación mencionada por Dávila Castillo es un diario vivir para los propietarios de las de especies maderables, por lo cual, resulta necesario que los avaluadores se den la tarea de valorar correctamente dichas especies, para fomentar su siembra y mercado responsable.

VALORES FINANCIEROS

Los valores financieros se refieren estrictamente a bienes y servicios a precios de mercado. Los valores financieros son siempre visto desde la perspectiva de una persona en particular u otra unidad. Así, para esa unidad, los costos financieros representan salidas de dinero/recursos, mientras que los rendimientos financieros son entradas de dinero a la unidad. (Gregersen, 1995)

VALORACIÓN CON TÉCNICA INDIRECTA O RESIDUAL

En algunos casos, es posible utilizar los precios de mercado de un bien o servicio para inferir valores de otros bienes y servicios. Con el método de precios residuales o derivados se puede estimar el valor de un bien o servicio a partir de los precios de bienes o servicios establecidos más adelante en el proceso de producción-distribución. Por ejemplo, el valor de los productos forestales en la puerta de la finca se puede estimar restando el costo de transportar los productos desde la finca hasta un mercado donde se conocen los precios o valores de cambio. Se supone que el valor del bien o servicio en la puerta de la finca es al menos igual al valor residual que queda después de restar los costos adicionales de producción, transporte y

distribución de los precios de mercado. Para algunos bienes y servicios, puede haber una secuencia de varios intercambios de mercado a medida que el bien o servicio pasa del bosque al consumidor final. El valor del producto producido en cada etapa puede ser en parte un residual del valor en la siguiente etapa, y todos estos valores de mercado intermedios pueden depender en última instancia del mercado establecido para el producto final. (Gregersen,1995)

VALORACIÓN DE MADERABLES

El valor del árbol en pie para la madera se obtiene observando los precios de mercado para madera aserrada terminada y restando los costos desde el destronque hasta la venta de la madera aserrada. (Gregersen,1995)

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

El Análisis de Regresión Lineal Múltiple permite establecer la relación que se produce entre una variable dependiente Y, y un conjunto de variables independientes $(x_1, x_2, \dots x_k)$ que están correlacionadas y afectan simultáneamente la variable independiente Y (Rodríguez, 2001). La anotación matemática del modelo o ecuación de regresión lineal múltiple es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + \in$$

Donde β_0 es el intercepto del modelo, β_1 es el coeficiente que acompaña a X_1 y $\in$ es el término del error.

VARIABLES DICOTOMICAS O DUMMY

El análisis de regresión también puede ser utilizado cuando el regreso es binario, es decir, cuando solamente toma dos valores, 0 o 1. Por ejemplo, X puede ser el género de un trabajador (% 1 si es mujer, %0 si es hombre), si un distrito escolar es urbano o rural (% 1 si es urbano, % 0 si es rural), o si el tamaño de las clases en el distrito es pequeño o grande (%1 si es pequeño, %0 si es grande). Una variable binaria se denomina asimismo

variable indicador o a veces variable ficticia o variable dummy (Stock & Watson, 2012)

SUPUESTO DE NORMALIDAD

El supuesto de normalidad dice que el error poblacional u es independiente de las variables explicativas $(x_1, x_2, \dots x_k)$ y está distribuido normal, con media cero y varianza $\sigma^2 : \sim N(0, \sigma^2)$. Es decir que los parámetros media y varianza están independientemente distribuidos y no tienen ningún tipo de correlación. (Wooldridge, 2018)

El supuesto de que los datos se distribuyan con normalidad no siempre es lo más cercano a la realidad, puesto que la naturaleza de los mismos puede seguir otra distribución o bien presentar datos atípicos, por lo cual, resulta de gran utilidad contar con herramientas estadísticas que permitan detectar la normalidad, como el test de hipótesis de Kolmogorov-Smirnov. En donde, se plantea lo siguiente:

$$H_1: Los\ Residuos\ siguen\ una\ distribución\ normal$$

$$H_2: Los\ Residuos\ no\ siguen\ una\ distribución\ normal$$

SUPUESTO DE HOMOCEDASTICIDAD

El término de error es homocedástico si la varianza de la distribución condicional de u_i dado x_i es constante para $i = 1, \dots, n$ y en particular, no depende de x_i. De lo contrario, el término de error es heterocedástico. Es decir $Var(u_i \,|x) = \sigma^2$. (Stock & Watson, 2012)

Habitualmente los errores en la homocedasticidad se deben a fallas en las técnicas de recolección de datos, el uso de una forma funcional inadecuada, presencia de datos atípicos, omisión de variables importante entre otros; un ejemplo práctico de heterocedasticidad se da en los datos geográficos. En

las formas habituales de detección de la heterocedasticidad se encuentran test de hipótesis como el Breusch-Pagan. En donde, se plantea lo siguiente:

$$H_1: Hay\ Homocedasticidad$$

$$H_2: Hay\ Heterocedasticidad$$

Una forma de solucionar la heterocedasticidad, es transformar las variables mediante la transformación logarítmica.

SUPUESTO DE MULTICOLINEALIDAD

Multicolinealidad es el nombre dado al problema que aparece cuando alguna o todas las variables independientes en una relación están altamente correlacionadas una con otra. (Vargas & Rodríguez, 1980)

Los problemas de multicolinealidad principalmente son generados por sistemas sobredimensionados, regresores que son linealmente dependientes de otros y la falta de una categoría base en el uso de variables dicotómicas, por otro lado, un coeficiente de determinación muy alto podría generar problemas de multicolinealidad. Una forma de detección de multicolinealidad asociada al coeficiente de determinación R^2 es el factor de inflación de varianza, que se describe mediante la siguiente ecuación:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

El criterio de decisión gira en torno a 3 intervalos:

- Multicolinealidad baja: $1 \leq VIF \leq 5$
- Multicolinealidad moderada: $5 \leq VIF \leq 10$
- Multicolinealidad alta: $VIF > 10$

1. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES MADERABLES

1.1 TECA

1.1.1 Nombre científico

Tectona grandis





Ilustración 1 Teca Fuente: http://maderas.ut.edu.co/especies/pagina_especie.php?especie=teca
Ilustración 2 Pieza de teca en aserradero. Fuente: Propia

1.1.2 Descripción

Es una especie maderable originaria principalmente del sudeste asiático. Se ha introducido y cultivado en diversas partes del mundo debido a su valiosa madera. La madera de teca es altamente valorada por su durabilidad, resistencia a la putrefacción, estabilidad dimensional y hermoso color dorado.

La teca es un árbol de hoja perenne que puede alcanzar alturas de hasta 25 metros y diámetros de tronco de hasta 1,5 metros. Sus hojas son grandes, ovaladas y de color verde brillante, mientras que sus flores son pequeñas y blancas, agrupadas en inflorescencias. La teca se reproduce principalmente por semillas, que son dispersadas por el viento.

La explotación de la teca ha sido objeto de debate debido a preocupaciones sobre la deforestación y la sostenibilidad. Sin embargo, prácticas de silvicultura sostenible, como la plantación de

teca en áreas degradadas o la certificación forestal, están ayudando a mitigar estos problemas.

1.1.3 Trabajabilidad

La teca es conocida por su excelente trabajabilidad, lo que la convierte en una opción popular para la fabricación de muebles de alta calidad, embarcaciones, revestimientos de suelos y una variedad de otras aplicaciones.

1.1.4 Usos

Dadas sus características físicas es considerada un material ideal para una amplia gama de aplicaciones, desde muebles de alta calidad hasta revestimientos de suelos y construcción de embarcaciones.

1.1.5 Región de origen

Las regiones donde se encuentra mayor concentración de cultivo de teca en Colombia son: Valle del Cauca, Llanos orientales, Antioquia y Costa Caribe

1.2 FLOR MORADO

1.2.1 Nombre científico

Tabebuia roseae





Ilustración 3 Flor Morado. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/flor-morado-roble-tabebuia-roseae.html

Ilustración 4 Pieza Flor morado en aserradero. Fuente: Propia

1.2.2 Descripción

Arévalo y Londoño (2005) describen la albura de la siguiente manera: "Albura angosta, de color blanco amarillento a marrón pálido, con una transición gradual y poco diferenciada al duramen, que presenta tonalidades de marrón, marrón dorado o castaño oscuro. En la cara tangencial se observa un veteado conspicuo y llamativo debido al parénquima; las líneas vasculares son claramente visibles a simple vista. La madera exhibe un lustre mediano y no presenta un olor ni sabor distintivos. El grano puede ser recto o entrecruzado, con una textura que varía de mediana a ligeramente gruesa."

1.2.3 Trabajabilidad

Con excepción del planeado, la madera del roble exhibe notables propiedades de trabajo en todas las operaciones de labrado. Es apta para ser aserrada, moldeada, taladrada y torneada con resultados sobresalientes. Sin embargo, se requiere cierta precaución durante el planeado para evitar el desprendimiento del grano y astillado. La madera de roble ofrece un acabado fino y sumamente atractivo, y se considera fácil de encolar. (Arévalo, R. L y Londoño, A. 2005)

1.2.4 Usos

Esta madera es valorada por su belleza, durabilidad y versatilidad, lo que la convierte en una opción popular para una amplia gama de aplicaciones en la construcción, carpintería, ebanistería y construcción naval.

1.2.5 Región de origen

Las regiones y porcentajes donde hay una mayor influencia de dicha especie son: Chocó 59%, Antioquia 18% y Sucre 15%.

1.3 CHOIBÁ

1.3.1 Nombre científico

Dipteryx oleífera

1.3.2 Descripción

La albura muestra un tono amarillo intenso, mientras que el duramen exhibe un color vino tinto con vetas rojizas intensas y vetas blancas cremosas marcadas por el parénquima axial. Hay una transición clara y abrupta entre la albura y el duramen. Su aroma es suave y agradable, y no tiene sabor discernible. La textura es de mediana heterogeneidad con un grano recto y un lustre alto. Es una madera pesada y dura, con poros visibles a simple vista y radios medianos. El parénquima también es visible sin dificultad. La estructura se caracteriza por una clara estratificación con anillos de crecimiento definidos por bandas de madera tardía más oscura. El diseño está marcado por bandas entrecruzadas de color amarillo claro, generadas por el contraste de tejidos debido a la presencia de bandas de parénquima, lo que le confiere una estructura estratificada distintiva. (López et. al, 2014).





Ilustración 5 Pieza de Choibá en aserradero. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/choiba-dipteryx-oleifera.html
Ilustración 6 Árbol Choibá. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/choiba-dipteryx-oleifera.html

1.3.3 Trabajabilidad

La madera del Choibá exhibe propiedades de trabajabilidad que lo hacen adecuado para diversas aplicaciones. Su madera tiene una

textura fina y un grano recto, lo cual facilita su procesamiento en técnicas como el torneado, tallado y cepillado. Sin embargo, debido a su densidad y resistencia, puede requerir herramientas afiladas y potentes para el corte y el mecanizado.

1.3.4 Usos

La madera se utiliza en diversas aplicaciones como la construcción de edificaciones, la fabricación de puentes y durmientes, estructuras marítimas y carrocerías, suelos industriales, artesanías talladas o torneadas, plataformas, trampolines, así como en la fabricación de mangos para herramientas agrícolas, maquinaria industrial y producción de contrachapados. (Cárdenas & Salinas, 2007).

1.3.5 Región de origen

Las regiones y porcentajes donde hay una mayor influencia de dicha especie son: Chocó 82% y Antioquia 15%.

1.4 GRANADILLO

1.4.1 Nombre científico

Platymiscium pinnatum





Ilustración 7 Pieza de Granadillo en aserradero. Fuente: Propia
Ilustración 8 Granadillo. Fuente: https://colombia.inaturalist.org/taxa/874644-Brosimum-rubescens

1.4.2 Descripción

El granadillo es un árbol de tamaño mediano a grande que puede alcanzar alturas de hasta 30 metros y diámetros de tronco de hasta 1 metro. Sus hojas son compuestas y alternas, con folíolos ovales u oblongos. Produce flores pequeñas de color amarillo o blanco, que se desarrollan en racimos. (CONAFOR)

Alcanza alturas hasta de 30 m y 100 cm en diámetro. El tronco es recto y cilíndrico. La corteza externa es de color gris y de apariencia fisurada.

1.4.3 Trabajabilidad

Secar al aire libre el granadillo resulta moderadamente complicado debido a su lenta velocidad de secado, aunque suele presentar pocas deformaciones y rajaduras. Trabajar la madera con herramientas manuales es moderadamente difícil, requiriendo el uso de instrumentos reforzados y técnicas que minimicen el desgaste de los filos durante el maquinado. Además, es complicado tratar la albura, ya que tiene una baja retención y penetración incompleta al aplicar sistemas de vacío-presión o inmersión, mientras que resulta imposible inmunizar el duramen. En cuanto a su resistencia, la madera muestra cierta resistencia al ataque de hongos e insectos. En términos de durabilidad, se estima que tiene una vida útil en uso exterior de 5 a 10 años. (WWF Colombia, Pizano, M., & Rueda, R, 2014).

1.4.4 Usos

Los usos principales de esta madera son: Muebles, ebanistería, carpintería, puentes, remos y canoas.

1.4.5 Región de origen

Las regiones y porcentajes donde hay una mayor influencia de dicha especie son: Chocó 48%, Putumayo 18% y Nariño 12%

1.5 CEDRO AMARGO

1.5.1 Nombre científico

Cedrela odorata L.





Ilustración 9 Vista Cedro amargo pulido en aserradero. Fuente: https://greyforestal.com/cedro/
Ilustración 10 Cedro Amargo. Fuente: CAR (2019)

1.5.2 Descripción

La madera presenta una albura que va desde tonalidades rosadas hasta un naranja opaco, mientras que el duramen se distingue por su color marrón rojizo claro. La transición entre albura y duramen es gradual. Tiene un olor característico y un sabor amargo. Su textura es de mediana a fina, aunque poco homogénea. El grano es recto y presenta un lustre que va de medio a alto. Es una madera liviana y suave al tacto. Los anillos de crecimiento son visibles a simple vista, definidos por poros semicirculares y líneas de parénquima en los márgenes. Los poros son visibles sin necesidad de aumento, tanto solitarios como múltiples radiales cortos, dispuestos sin un patrón específico. El parénquima longitudinal marginal también es visible a simple vista. Los radios van desde medianos a finos, y no presentan rizos. No hay conductos gomíferos longitudinales visibles. El floema incluido está ausente. El diseño de la madera es sutil, con arcos superpuestos generados por los anillos de crecimiento. (López et. al, 2014).

1.5.3 Trabajabilidad

La madera es altamente manejable tanto con herramientas manuales como con máquinas. Durante el desenrollado y el aserrado, puede haber una ligera tendencia a desarrollar "acebolladuras", las cuales pueden prevenirse utilizando cuchillas y sierras bien afiladas. Se ha observado que la madera más oscura se trabaja con mayor facilidad que la madera de tonalidad clara. Aunque la presencia de goma en algunas piezas puede plantear desafíos en el acabado y pulido, en general, la madera muestra excelentes resultados en estos aspectos. Es notable su capacidad para retener clavos y tornillos de manera efectiva. En cuanto a su aplicabilidad en chapas y tableros aglomerados, el cedro es altamente valorado en la industria debido a su capacidad para cortarse en frío y secarse excepcionalmente bien, además de presentar buenas propiedades de encolado (Arévalo y Londoño, 2005).

1.5.4 Usos

Es altamente adecuado para la producción de chapa plana y desenrollado. Se utiliza extensamente en la construcción de viviendas, la fabricación de tableros, marcos, paneles, muebles de alta calidad, contrachapados, caras decorativas, torneado, elementos ornamentales, la creación de instrumentos musicales como guitarras, artesanías, puertas, tallas y empaques refinados. (Cárdenas & Salinas, 2007).

1.5.5 Región de origen

Las regiones y porcentajes donde hay una mayor influencia de dicha especie son: Nariño 36%, Santander 30%, Antioquia 14% y Boyacá 9%.

1.6 SAPÁN

1.6.1 Nombre científico

Clathrotropis brunnea





Ilustración 11 Pieza de Sapán en aserradero. Fuente: Propia
Ilustración 12 Sapán Fuente: https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/3d28ec8d-ad47-43b2-ba45-e98537bcde61

1.6.2 Descripción:

Este árbol es conocido por su valor ecológico y sus aplicaciones en la industria maderera. es un árbol de tamaño mediano a grande, que puede alcanzar alturas de 20 a 30 metros y diámetros de tronco de hasta 1 metro. La corteza es de color marrón a gris oscuro y presenta fisuras longitudinales. Las hojas son compuestas, pinnadas, con 5 a 7 foliolos elípticos de textura coriácea. Las flores son pequeñas, de color blanco o crema, y se agrupan en inflorescencias axilares o terminales (Gentry, A. H., 1996).

1.6.3 Trabajabilidad

El aserrado y la elaboración de esta madera pueden ser complicados con herramientas convencionales, aunque no presentan problemas si se usan herramientas de metal duro. Se cepilla fácilmente, ofreciendo un buen acabado. Aunque pule bien, requiere bastante lijado y sellado de poros. Es resistente a la penetración de clavos y tornillos, aunque

tiende a agrietarse. El torneado y el encolado son satisfactorios. (Arévalo y Londoño, 2005).

1.6.4 Usos

Es ideal para aplicaciones que demandan una alta resistencia a la flexión, compresión paralela y dureza, junto con una textura fina, apariencia decorativa y estabilidad dimensional. Se utiliza en construcciones de interiores y exteriores que soportan grandes esfuerzos, como vigas y viguetas; también es adecuada para tablazones, armazones y cubiertas de barcos. Es común en pisos, muebles pesados decorativos, así como en pisos y carrocerías de vagones y camiones.

1.6.5 Región de origen

Las regiones y porcentajes donde hay una mayor influencia de dicha especie son: Antioquia 97% y Santander 3%

1.7 CHINGALÉ

1.7.1 Nombre científico

Jacaranda copaia



Ilustración 13 Chingalé. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/category/especies

1.7.2 Descripción

La madera tiene un tono amarillo claro uniforme, sin diferenciación notable entre albura y duramen. No posee un olor o sabor distintivo.

Su textura es de mediana a heterogénea, con un grano que puede ser recto o ligeramente inclinado. Presenta un lustre de nivel medio. Es liviana y de una suavidad que varía, a veces mostrando inclusión de floema foraminado. No se distinguen anillos de crecimiento definidos. El diseño se caracteriza por un patrón tenue y rayado, marcado por líneas vasculares. (López et. al, 2014).

1.7.3 Trabajabilidad

La madera es muy dócil para labrar con herramientas manuales, aunque el cepillado tiende a dejar superficies fibrosas, requiriendo lijado para un acabado óptimo. Es complicada de perforar y no es adecuada para el torneado; sin embargo, permite una buena fijación de clavos y tornillos, manteniéndolos firmemente. Se facilita el ensamblaje mediante machihembrado. En cuanto a la producción de chapas y contrachapados, es difícil de desenrollar y las chapas resultan con superficies peludas y deshilachadas, especialmente en áreas con grano ondulado, además de sufrir deformaciones y grietas significativas durante el secado (Arévalo y Londoño, 2005).

1.7.4 Usos

Esta especie crece en claros de bosque bien iluminados y es considerada a menudo una de las primeras especies en colonizar áreas despejadas. Se beneficia de la luz solar para afirmarse rápidamente en el ecosistema.

Se utiliza principalmente para: Construcción liviana, muebles. Carpintería, féretros, ebanistería, Instrumentos musicales, lápices, Juguetes, Cajas y guacales, chapas decorativas, pulpa para papel, Vigas, formaletas, postes de cerca y embalajes.

1.7.5 Región de origen

Las regiones donde se puede conseguir principalmente esta especie son: Antioquia 36%, Putumayo 22% y Cauca 12%.

1.8 PINO PÁTULA

1.8.1 Nombre científico

Pinus pátula



Ilustración 14 Pino Patula. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pino-patula.html

1.8.2 Descripción

La madera es blanda, liviana y quebradiza, con baja resistencia. La albura presenta un color que varía de blanquecino a amarillo claro, mientras que el duramen es de un rojizo claro, a veces ligeramente rosado, y a menudo no claramente definido, ocasionalmente con vetas marrón pálido. Se caracteriza por anillos de crecimiento bien definidos y de color marrón, además de una abundancia de nudos y poca resinación.

En los árboles maduros, se observa una menor cantidad de nudos y anillos más estrechos, con una mayor proporción de duramen, lo que mejora considerablemente la calidad de la madera. Tanto el olor como el sabor son poco distintivos. La textura es ligeramente gruesa e irregular debido a las bandas amplias y blandas de madera temprana. El grano es recto, aunque frecuentemente espiralado, y el brillo es bajo. (Forestal Maderero).

1.8.3 Trabajabilidad

Esta madera se corta fácilmente con herramientas manuales y mecánicas. Su cepillado es suave y el lijado sencillo. Permite un aserrado eficiente. Es conocido por su excelente trabajabilidad, por lo que es una opción popular en la industria maderera.

1.8.4 Usos

Esta madera se puede utilizar para muebles, juegos infantiles, cielos rasos, pisos, papel, entre otros

1.8.5 Región de origen

Esta especie se encuentra principalmente en el Eje Cafetero y Sur Occidente del país.

1.9 PUERTO ASÍS

1.9.1 Nombre científico

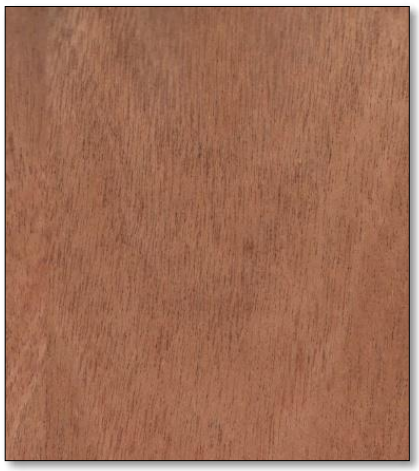




Ilustración 15 Vista bloque Puerto Asís. Fuente: https://monomerados.com/tienda/chapillas/chapilla-cedro-puerto-asis/
Ilustración 16 Vista bloque Puerto Asís. Fuente: https://monomerados.com/tienda/chapillas/chapilla-cedro-puerto-asis/

1.9.2 Descripción

La madera exhibe una transición gradual desde la parte externa, donde se pueden observar vetas de color amarillo claro a pardo

grisáceo, hacia el centro del tronco, que presenta una tonalidad que va de grisácea a pardo rojiza. Cuando la madera está recién cortada, tiene un sabor y olor desagradables, reminiscentes del ajo. Sin embargo, al secarse, su aroma se transforma en agradable mientras que el sabor desagradable persiste (Amáez & Flores 1986, Arnáez 1988, Pennington & Muellner 2010).

1.9.3 Trabajabilidad

Esta especie se caracteriza por ser fácil de trabajar. Es liviana y tiene una textura fina y uniforme que facilita el corte, el tallado y el cepillado. Se puede clavar y atornillar con facilidad, y responde bien al encolado. Además, permite obtener superficies lisas y bien acabadas. Sin embargo, puede presentar cierta tendencia a astillarse en los bordes si no se maneja con cuidado. En general, es considerada una madera muy adecuada para trabajos de carpintería fina y la fabricación de muebles de calidad.

1.9.4 Usos

La madera se emplea en la fabricación de chapas obtenidas mediante el proceso de tronchado, así como en molduras, carpintería de alta calidad, tablas, muebles finos y estructuras livianas como escaleras. Además, las piezas pueden ser adheridas entre sí mediante encolado para crear laminados.

1.9.5 Región de origen

En Colombia, las áreas de origen de la comercialización de esta especie son las siguientes: Nariño, Santander, Antioquia y Boyacá.

1.10 PERILLO

1.10.1 Nombre científico

Couma macrocarpa

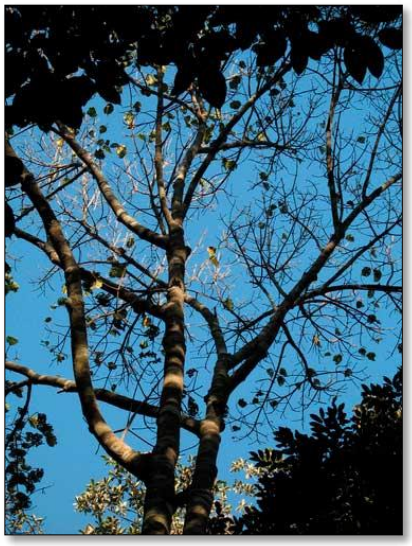


Ilustración 17 Perillo. Fuente: https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/perillo-couma-macrocarpa.html

1.10.2 Descripción

Puede alcanzar una altura de hasta 40 metros y un diámetro de 100 cm. Su tronco es recto y cilíndrico. La corteza externa es blanquecina con manchas negras y una textura rugosa. La corteza interna es de color crema y exuda un látex acuoso de sabor amargo cuando se corta.

1.10.3 Trabajabilidad

La madera es fácil de serrar y se puede trabajar sin complicaciones en diversas máquinas y herramientas estándar de carpintería. Sin embargo, la cara radial puede presentar cierta dificultad al ser cepillada debido al entrecruzamiento del grano. A pesar de esto, tiene una buena capacidad para retener clavos y tornillos, y es fácil de encolar

1.10.4 Usos

Usada en la construcción para vigas, viguetas, pisos y escaleras, así como en la fabricación de muebles, chapas, contrachapados,

empaques ligeros, artesanías, tableros aglomerados y enlistonados, molduras y juguetes (Arévalo y Londoño, 2005).

1.10.5 Región de origen

En Colombia se encuentra principalmente en las siguientes regiones: Chocó 68% Antioquia 11% y el Putumayo 11%

2. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

2.1 Dimensiones de corte de la madera

2.1.1 Pieza:

La pieza es una unidad de medida individual que se refiere a un fragmento o sección de madera cortada y lista para ser usada. Generalmente, una pieza se mide en términos de volumen (metros cúbicos) o dimensiones (largo, ancho, y grosor). Para el presente trabajo las dimensiones de la pieza corresponden a 10cm de ancho por 10cm de grosor por 3 metros de largo.

2.1.2 Rastra:

Se refiere a un conjunto de troncos o piezas de madera aserrada que se transportan o almacenan juntos. Es una medida utilizada en la industria maderera para agrupar y facilitar el manejo de grandes volúmenes de madera. Las dimensiones de una rastra pueden variar, pero comúnmente se trata de 5 piezas, dependiendo de la especie de madera como el Cedro y la Teca.

2.2 Diámetro altura de pecho (Dap):

De acuerdo con el Decreto 1791 de 1996 “Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal” corresponde a “El diámetro del fuste o tronco de un árbol medido a una altura de un metro con treinta centímetros a partir del suelo”. Esta medida se puede tomar con la ayuda de una cinta métrica o de una forcípula.

Dado que no todos los árboles no se erigen de forma recta por condiciones como la topografía o condiciones físicas del árbol. Se explica la forma en la que se debe tomar esta medida.

2.2.1 Árbol erguido con terreno plano.

Se mide desde la base a 1.3m de altura, teniendo en cuenta que el árbol no presente ninguna irregularidad o se debe tomar la medida por encima de esta.

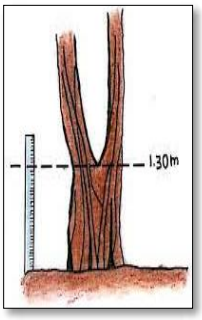


Ilustración 18 Diámetro altura pecho. Fuente: https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/ppt_medici%C3%B3n_del_di%C3%A1metro_de_un_%C3%A1rbol.pdf

2.2.2 Árbol en terreno inclinado.

Se miden 1.3m desde la posición más alta del terreno perpendicular al eje del árbol.

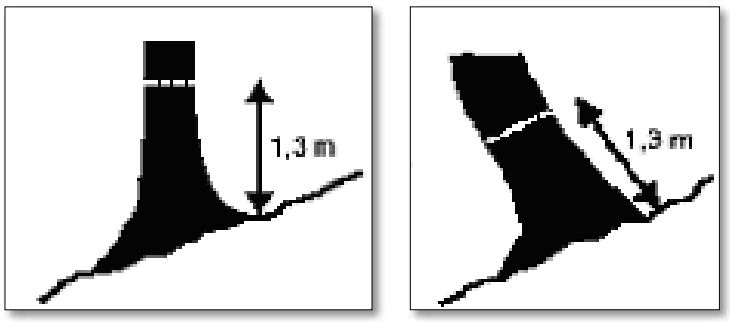


Ilustración 19 Dap en Árbol terreno inclinado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content

2.2.3 Árbol horquillado.

Esta medición se va a realizar dependiendo de donde se encuentra la horquilla en el tronco:

- Si la horquilla se encuentra debajo del 1.3m cada tronco se considerará como árbol y se medirá desde ahí los 1.3m.
- Si la horquilla se encuentra por encima del 1.3m el árbol se cuenta como uno solo y el Dap se toma por debajo de la intersección.

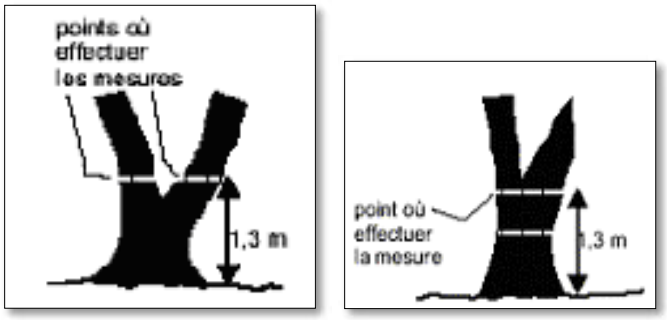


Ilustración 20 Dap en Árbol Horquillado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content

2.2.4 Árbol con la base del tronco ensanchada o árbol con contrafuertes:

Se toma la medida a 30 cm por encima del ancho principal de los contrafuertes, si el ancho supera 0.9m desde el suelo se toma a 1.3m.

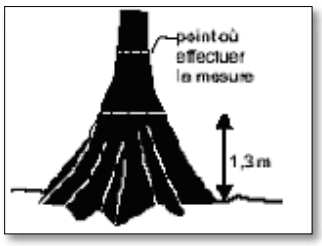


Ilustración 21 Dap en árbol con la base del tronco ensanchado. Fuente: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content

2.3 Altura comercial

La altura comercial de un árbol se define como la distancia vertical medida desde la base o tocón hasta el punto más alto del fuste aprovechable, que puede ser determinado por el diámetro mínimo requerido para propósitos comerciales, o donde comienzan las primeras ramificaciones de la copa del árbol. (Federación Nacional de Industriales de la Madera, 2021).

2.4 Destronque

Es la etapa donde el tallador ubicando el trozo de madera en estado de tronco, en una prensa o manteniéndola en posici6n de pres16n con sus pies; comienza el trabajo de desbastar a grandes rasgos, cortando en secciones de una manera general, considerando los planos de la estructura que luego van a conformar las características del modelo. Utiliza para esta primera etapa un mazo de madera y un formón, asimismo de gran tamaño.

2.5 Talado y cortado de la rastra

La fase de tala, corte y preparación de la rastra incluye todas las actividades dirigidas a derribar los árboles en pie y acondicionarlos para el proceso de trozado. Este proceso abarca la tala misma, la medición del tronco para determinar las dimensiones óptimas de las trozas y transformarlas en las rastras para transporte, la eliminación de ramas (desramado) y el corte del tronco en secciones. En algunos casos, especialmente cuando las ramas son gruesas, estas también se cortan para evitar desperdicios de madera. Se utilizan herramientas como motosierras y hachas, además de técnicas que maximizan la eficiencia y la seguridad de los operadores forestales.

2.6 Volumen generado del árbol

El volumen en pie se refiere a la cantidad de madera medida en metros cúbicos mientras el árbol permanece en su ubicación original en el bosque, plantación o estado natural. Este volumen puede calcularse utilizando fórmulas específicas que tienen en cuenta las dimensiones del tronco, como el diámetro y la longitud de las trozas obtenidas. La medición precisa del volumen es crucial para la planificación y la evaluación económica del aprovechamiento forestal. (Federación Nacional de Industriales de la Madera, 2021).

2.7 Porcentaje de aprovechamiento

El porcentaje de aprovechamiento indica la proporción de madera utilizable obtenida de un árbol en relación con su masa total, es decir, se refiere al porcentaje de madera aprovechable que queda después de cortar el árbol, separar las partes no comerciales del tronco que no son el fuste, y retirar la corteza del fuste para obtener bloques de madera o piezas. Este valor se calcula comparando el volumen de madera comercial obtenido con el volumen total del árbol talado.

2.8 Valor del árbol en pie

Se refiere al pago compensatorio al propietario del terreno basado en la valoración retrospectiva del árbol en pie, desglosando el valor en bloque de la madera que se cobra en el aserradero, considerando los costos asociados al transporte y la tala. Este cálculo toma en cuenta los porcentajes de aprovechamiento, así como los diámetros a la altura del pecho y las alturas promedio características de las especies.

2.9 Flete de transporte de las rastras en bestias (mulas)

También conocido como transporte menor, implica el movimiento de las trozas desde el punto de corte hasta una ruta de transporte, como un camino, río o canal. Este proceso de arrastre se lleva a cabo en distancias cortas, terrenos difíciles o inaccesibles para vehículos motorizados y puede realizarse de manera manual, utilizando animales o mediante equipos mecanizados, en este caso de estudio, se considera el transporte por animales de carga como las mulas. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2020).

2.10 Flete de transporte de las rastras en tractomula hasta Bogotá

Considerado como el transporte mayor, se refiere al transporte terrestre de la madera que constituye la conexión crucial entre la actividad de aprovechamiento forestal y la planta de procesamiento en la ciudad de Bogotá. Esta operación no solo es de gran relevancia

económica, sino que también puede incrementar el valor total de la madera en la fábrica en un porcentaje significativo, que oscila entre el 50 y el 70%. Este costo incluye factores como el precio por kilómetro recorrido, los peajes, el combustible y los costos operativos del vehículo.

2.11 Salvoconducto de movilización

Es el permiso emitido por la entidad administradora del recurso forestal que autoriza el transporte inicial de productos maderables y no maderables, basado en el acto administrativo que otorga el derecho de aprovechamiento. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1996).

2.12 Precio de la carga y descarga de la madera,

Es la tarifa cobrada por los servicios de carga y descarga del conjunto de troncos (rastra) desde y hacia el medio de transporte utilizado. Esta tarifa puede variar según la ubicación, la cantidad de madera transportada, la distancia recorrida y otros factores logísticos.

3. TRABAJO DE CAMPO

3.1 Aserraderos encuestados:

Para obtener los valores de comercialización de las piezas de madera de las especies se acudió a varios aserraderos ubicados en la ciudad de Bogotá, los cuales se presentan a continuación:

NO	ASERRADERO	NUMERO	DIRECCIÓN
1	ABASTECEDORA MONTEGRANDE	3102374416	CL 68 17 71
2	ARPIMA	3112768747	CRA 69 H 77 54
3	MADERAS PUNTO BOYACÁ	3114748485	AV BOYACÁ 79A 25
4	MADERAS EL VALLE	3115922221	AV BOYACÁ 79A 41
5	MADERAS CAQUETÁ	3133235677	CRA 73A 69A 98
6	ASE MADERAS BOYACÁ	3108118768	CL 66 74 55
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	3115986417	CRA 74A 68B 30
8	DEPOSITO MADERAS NUEVO PLAYÓN	3125508377	CRA 73A 68B 87

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.2 Preguntas realizadas.

Se realizo un estudio de mercado con unas preguntas formuladas con la finalidad de obtener los valores necesarios para realizar la estimación. Estas preguntas estaban enfocadas en características físicas, dimensiones y valores de las especies objeto de estudio. Las preguntas realizadas se presentan a continuación:

1. ¿Cuál es el valor comercial de la pieza de cada una de las especies?
2. ¿Qué costos adicionales se encuentran inmersos en el valor de la pieza?
3. ¿Cuál es el costo de transporte de las piezas desde el lugar de extracción?
4. ¿Cuál es el costo de tala y cortado en sitio de cada una de las especies?
5. ¿Qué DAP debe tener la especie para poder ser comercializada?

6. ¿Cuál es la altura comercial de la especie?
7. ¿Conoce el porcentaje de aprovechamiento de la especie?

3.3 Resultado de la investigación en los aserraderos:

En cada uno de los aserraderos se realizó la encuesta anterior donde se determinaron los valores comerciales promedio de cada una de las especies, cabe resaltar que en este valor se encuentra inmerso el costo de secado que es un proceso adicional realizado por los aserraderos para poder comercializar la pieza, en la mayoría de los aserradores este valor correspondía a $11.000 pesos por lo que se adoptó este valor como un estándar. Al valor comercial de la pieza se le descuenta este valor para obtener el valor de la pieza en húmedo que es la base para la estimación.

A continuación, se relaciona el estudio de mercado de cada una de las especies:

3.3.1 TECA:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3112768747
5	MADERAS CAQUETÁ	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3133235677
6	ASE MADERAS BOYACÁ	$ 100,000.00	$ 89,000.00	3108118768
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3115986417
8	DEPOSITO MADERAS NUEVO PLAYÓN	$ 100,000.00	$ 89,000.00	3125508377

PROMEDIO	$ 112,000.00	$ 101,000.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 10,954.45	$ 10,954.45
COEFICIENTE VARIACIÓN	9.7808%	10.8460%
LIMITE SUPERIOR	$ 122,954.45	$ 111,954.45
LIMITE INFERIOR	$ 101,045.55	$ 90,045.55

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.2 FLOR MORADO:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 85,000.00	$ 74,000.00	3112768747
5	MADERAS CAQUETÁ	$ 80,000.00	$ 69,000.00	3133235677
6	ASE MADERAS BOYACÁ	$ 85,000.00	$ 74,000.00	3108118768
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3115986417
8	DEPOSITO MADERAS NUEVO PLAYÓN	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3125508377

PROMEDIO	**$ 86,000.00**	**$ 75,000.00**
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	**$ 4,183.30**	**$ 4,183.30**
COEFICIENTE VARIACIÓN	**4.8643%**	**5.5777%**
LIMITE SUPERIOR	**$ 90,183.30**	**$ 79,183.30**
LIMITE INFERIOR	**$ 81,816.70**	**$ 70,816.70**

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.3 SAPÁN:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
3	MADERAS PUNTO BOYACÁ	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3114748485
4	MADERAS EL VALLE	$ 98,000.00	$ 87,000.00	3115922221
6	ASE MADERAS BOYACÁ	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3108118768

PROMEDIO	**$ 92,666.67**	**$ 81,666.67**
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	**$ 4,618.80**	**$ 4,618.80**
COEFICIENTE VARIACIÓN	**4.9843%**	**5.6557%**
LIMITE SUPERIOR	**$ 97,285.47**	**$ 86,285.47**
LIMITE INFERIOR	**$ 88,047.86**	**$ 77,047.86**

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.4 CHOIBÁ:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 130,000.00	$ 119,000.00	3112768747
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3115986417

PROMEDIO	**$ 125,000.00**	**$ 114,000.00**
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	**$ 7,071.07**	**$ 7,071.07**
COEFICIENTE VARIACIÓN	**5.6569%**	**6.2027%**
LIMITE SUPERIOR	**$ 132,071.07**	**$ 121,071.07**
LIMITE INFERIOR	**$ 117,928.93**	**$ 106,928.93**

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.5 GRANADILLO:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 130,000.00	$ 119,000.00	3112768747
5	MADERAS CAQUETÁ	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3133235677
6	ASE MADERAS BOYACÁ	$ 115,000.00	$ 104,000.00	3108118768
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 120,000.00	$ 109,000.00	3115986417

PROMEDIO	$ 121,250.00	$ 110,250.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 6,291.53	$ 6,291.53
COEFICIENTE VARIACIÓN	5.1889%	5.7066%
LIMITE SUPERIOR	$ 127,541.53	$ 116,541.53
LIMITE INFERIOR	$ 114,958.47	$ 103,958.47

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.6 CEDRO AMARGO:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 80,000.00	$ 69,000.00	3112768747
6	ASE MADERAS BOYACÁ	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3108118768
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 80,000.00	$ 69,000.00	3115986417
8	DEPOSITO MADERAS NUEVO PLAYÓN	$ 90,000.00	$ 79,000.00	3125508377

PROMEDIO	$ 85,000.00	$ 74,000.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 5,773.50	$ 5,773.50
COEFICIENTE VARIACIÓN	6.7924%	7.8020%
LIMITE SUPERIOR	$ 90,773.50	$ 79,773.50
LIMITE INFERIOR	$ 79,226.50	$ 68,226.50

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.7 CHINGALÉ:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
1	ABASTECEDORA MONTEGRANDE	$ 58,000.00	$ 47,000.00	3102374416
2	ARPIMA	$ 60,000.00	$ 49,000.00	3112768747
4	MADERAS EL VALLE	$ 55,000.00	$ 44,000.00	3115922221
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 55,000.00	$ 44,000.00	3115986417

PROMEDIO	$ 57,000.00	$ 46,000.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 2,449.49	$ 2,449.49
COEFICIENTE VARIACIÓN	4.2974%	5.3250%
LIMITE SUPERIOR	$ 59,449.49	$ 48,449.49
LIMITE INFERIOR	$ 54,550.51	$ 43,550.51

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.8 PINO PÁTULA:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
1	ABASTECEDORA MONTEGRANDE	$ 60,000.00	$ 49,000.00	3102374416
2	ARPIMA	$ 60,000.00	$ 49,000.00	3112768747
8	DEPOSITO MADERAS NUEVO PLAYÓN	$ 55,000.00	$ 44,000.00	3125508377

PROMEDIO	$ 58,333.33	$ 47,333.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 2,886.75	$ 2,886.75
COEFICIENTE VARIACIÓN	4.9487%	6.0988%
LIMITE SUPERIOR	$ 61,220.08	$ 50,220.08
LIMITE INFERIOR	$ 55,446.58	$ 44,446.58

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.9 PUERTO ASÍS:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 180,000.00	$ 169,000.00	3112768747
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 180,000.00	$ 169,000.00	3115986417

PROMEDIO	$ 180,000.00	$ 169,000.00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ -	$ -
COEFICIENTE VARIACIÓN	0.0000%	0.0000%
LIMITE SUPERIOR	$ 180,000.00	$ 169,000.00
LIMITE INFERIOR	$ 180,000.00	$ 169,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.3.10 PERILLO:

NO	ASERRADERO	VALOR PIEZA	VALOR HÚMEDO	NUMERO
2	ARPIMA	$ 75,000.00	$ 64,000.00	3112768747
5	MADERAS CAQUETÁ	$ 65,000.00	$ 54,000.00	3133235677
7	COMERCIALIZADORA MADERAS AR	$ 65,000.00	$ 54,000.00	3115986417

PROMEDIO	$ 68,333.33	$ 57,333.33
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	$ 5,773.50	$ 5,773.50
COEFICIENTE VARIACIÓN	8.4490%	10.0701%
LIMITE SUPERIOR	$ 74,106.84	$ 63,106.84
LIMITE INFERIOR	$ 62,559.83	$ 51,559.83

Fuente: Elaboración propia con datos de aserraderos en campo.

3.4 Aserradores encuestados:

Alternamente se realizó una investigación con aserradores que se encargan de la tala en sitio, a los cuales se les realizaron las mismas preguntas expuestas anteriormente. Teniendo en cuenta que ellos se encuentran involucrados directamente en el proceso fue posible determinar los costos totales de las piezas de madera. Estos cálculos fueron totalizados por rastra y recalculados a pieza, para finalmente convertirlos a costos totales por m^3 y los datos se muestran a continuación:

NO	ESPECIE	DESTRONQUE / RASTRA	TALADO Y CORTADO / RASTRA	FLETE DE BESTIAS A PUESTO DE CARRO / RASTRA	FLETE DE CARRO A BOGOTÁ / RASTRA	CARGA Y DESCARGA AL CARRO / RASTRA	SALVOCONDUCTO O LICENCIA / RASTRA	COSTOS TOTALES / RASTRA	COSTOS TOTALES / PIEZA	COSTOS TOTALES M^3
1	TECA	$ 25,000.00	$ 45,000.00	$ 10,000.00	$ 120,000.00	$ 7,000.00	$ 40,000.00	$ 247,000.00	$ 49,400.00	$ 1,646,666.67
2	FLOR MORADO	$ 10,000.00	$ 20,000.00	$ 10,000.00	$ 32,000.00	$ 7,000.00	$ 25,000.00	$ 104,000.00	$ 20,800.00	$ 693,333.33
3	SAPAN	$ 30,000.00	$ 50,000.00	$ 60,000.00	$ 90,000.00	$ 5,000.00	$ 40,000.00	$ 275,000.00	$ 55,000.00	$ 1,833,333.33
4	PATULA	$ 8,000.00	$ 22,000.00	$ 5,000.00	$ 30,000.00	$ 6,000.00	$ 18,000.00	$ 89,000.00	$ 17,800.00	$ 593,333.33
5	CHOIBÁ	$ 20,000.00	$ 50,000.00	$ 25,000.00	$ 120,000.00	$ 8,000.00	$ 40,000.00	$ 263,000.00	$ 52,600.00	$ 1,753,333.33
6	CEDRO AMARGO	$ 25,000.00	$ 20,000.00	$ 15,000.00	$ 25,000.00	$ 7,000.00	$ 22,000.00	$ 114,000.00	$ 22,800.00	$ 760,000.00
7	PERILLO	$ 7,000.00	$ 18,000.00	$ 10,000.00	$ 25,000.00	$ 7,000.00	$ 25,000.00	$ 92,000.00	$ 18,400.00	$ 613,333.33
8	CHINGALÉ	$ 7,000.00	$ 18,000.00	$ 8,000.00	$ 25,000.00	$ 8,000.00	$ 20,000.00	$ 86,000.00	$ 17,200.00	$ 573,333.33
9	GRANADILLO	$ 25,000.00	$ 50,000.00	$ 30,000.00	$ 90,000.00	$ 5,000.00	$ 40,000.00	$ 240,000.00	$ 48,000.00	$ 1,600,000.00
10	PUERTO ASIS	$ 20,000.00	$ 40,000.00	$ 50,000.00	$ 90,000.00	$ 10,000.00	$ 40,000.00	$ 250,000.00	$ 50,000.00	$ 1,666,666.67

Fuente: Elaboración propia con datos de aserradores en campo.

Otros datos de vital importancia que fueron aportados por los aserradores es el Diámetro a la altura de pecho, la altura comercial y el porcentaje de aprovechamiento de las especies, el cual fue estandarizado para todas las especies en 40%, que se tendrá en cuenta en el siguiente apartado de cálculos.

NO	ESPECIE	DAP(M)	H(M)
1	TECA	1-1.5	25
2	FLOR MORADO	0.6-1	40
3	SAPAN	0.6-1	30
4	PATULA	0.8-1.2	30
5	CHOIBÁ	1-1.5	30
6	CEDRO AMARGO	0.7-1.2	30
7	PERILLO	0.6-1	40
8	CHINGALÉ	0.5-0.8	30
9	GRANADILLO	0.5-1	30
10	PUERTO ASIS	0.5-0.8	30

Fuente: Elaboración propia con datos de aserradores en campo.

4. CÁLCULOS DEL VALOR EN PIE Y RESULTADOS

Como se explicó anteriormente, se hizo un estudio de mercado del valor comercial de la pieza de cada una de las especies y a ese valor se le descontó el costo de secar la madera de cada una de las piezas, correspondiente a un valor de $11.000 / pieza, adoptado al ser el valor más común entre los aserraderos encuestados y se obtuvo el valor adoptado por pieza, como se muestra a continuación:

$$Valor\ Adoptado_{Pieza} = Valor\ Comercial_{Pieza} - Valor\ de\ Secado_{Pieza}$$

Fuente: Planteamiento propio con la propuesta teórica de (Gregersen,1995).

Posteriormente, con el estudio realizado de los costos asociados con la tala y el transporte por rastra, se calculó el valor de costos totales por rastra y luego se dividieron entre 5 para obtener el valor de costos por pieza, de la siguiente manera:

$$Costos_{Rastra} = Destronque + Talado + Flete_{bestias} + Flete_{Bogota} + C\arg a_{carro} + Salvoconducto$$

$$Costos_{Pieza} = Costos_{Rastra} \cdot \frac{1}{5}$$

Fuente: Planteamiento propio con la propuesta teórica de (Gregersen,1995)

Para una comodidad en los cálculos, se procede a transformar los valores adoptados por pieza y los costos por pieza a valores adoptados por m³ y costos por m³. Teniendo en cuenta que una pieza de 10cm * 10cm * 3 m, produce un volumen de 0.03m³, la equivalencia se da de la siguiente forma:

$$Valor\ Adoptado\left(\frac{\$}{m^3}\right) = Valor\ Adoptado\left(\frac{\$}{pieza}\right) * \frac{1\ Pieza}{0.03m^3}$$

$$Costo\left(\frac{\$}{m^3}\right) = Costo\left(\frac{\$}{Pieza}\right) * \frac{1\ Pieza}{0.03m^3}$$

Fuente: Planteamiento propio con la propuesta teórica de (Gregersen,1995).

Luego de tener los costos y valores adoptados en unidades de m³, se descuenta al valor adoptado, los costos, para encontrar el valor en sitio m³, de la siguiente manera:

$$Valor\ en\ Sitio\left(\frac{\$}{m^3}\right) = Valor\ Adoptado\left(\frac{\$}{m^3}\right) - Costos\ Totales\left(\frac{\$}{m^3}\right)$$

Fuente: Planteamiento propio con la propuesta teórica de (Gregersen,1995).

Posteriormente, en función del Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), la Altura comercial (H) de cada especie y el % de aprovechamiento, estandarizado del 40%, se calcula su volumen (m³), de la siguiente manera:

$$Volumen\ Árbol\ (m^3) = \pi(\frac{DAP}{2})^2 * H * 40\%$$

Fuente: Riaño M, O. & Lizarazo, I., 2017

Finalmente, para calcular el valor del árbol en pie, se multiplica su volumen, con el valor en sitio m³, de la siguiente manera:

$$Valor\ de\ arbol\ en\ pie\ (\$) = Valor\ en\ sitio\ \left(\frac{\$}{m^3}\right) * Volumen\ Árbol\ (m^3)$$

Después de realizar los cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

ID_E	ESPECIE	VALOR ADOPTADO POR PIEZA	VALOR ADOPTADO (M³)	COSTOS TOTALES (M³)	VALOR EN SITIO(M³)	VOLUMEN PIEZA(M³)	DAP(M)	H COMERCIAL(M)	VOLUMEN M³	VALOR DEL ARBOL EN PIE
1	TECA	$ 101,000.00	$ 3,366,666.67	$ 1,646,666.67	$ 1,720,000.00	0.03	1	20	6.283185 307	$ 10,807,078.73
1	TECA	$ 101,000.00	$ 3,366,666.67	$ 1,646,666.67	$ 1,720,000.00	0.03	1.3	22	11.68044 149	$ 20,090,359.36
1	TECA	$ 101,000.00	$ 3,366,666.67	$ 1,646,666.67	$ 1,720,000.00	0.03	1.5	25	17.67145 868	$ 30,394,908.92
2	FLOR MORADO	$ 75,000.00	$ 2,500,000.00	$ 693,333.33	$ 1,806,666.67	0.03	0.6	20	2.261946 711	$ 4,086,583.72
2	FLOR MORADO	$ 75,000.00	$ 2,500,000.00	$ 693,333.33	$ 1,806,666.67	0.03	0.8	30	6.031857 895	$ 10,897,556.60
2	FLOR MORADO	$ 75,000.00	$ 2,500,000.00	$ 693,333.33	$ 1,806,666.67	0.03	1	40	12.56637 061	$ 22,703,242.91
3	SAPAN	$ 81,666.67	$ 2,722,222.22	$ 1,833,333.33	$ 888,888.89	0.03	0.6	20	2.261946 711	$ 2,010,619.30
3	SAPAN	$ 81,666.67	$ 2,722,222.22	$ 1,833,333.33	$ 888,888.89	0.03	0.8	25	5.026548 246	$ 4,468,042.89
3	SAPAN	$ 81,666.67	$ 2,722,222.22	$ 1,833,333.33	$ 888,888.89	0.03	1	30	9.424777 961	$ 8,377,580.41
4	PATULA	$ 47,333.33	$ 1,577,777.78	$ 593,333.33	$ 984,444.44	0.03	0.8	20	4.021238 597	$ 3,958,686.00
4	PATULA	$ 47,333.33	$ 1,577,777.78	$ 593,333.33	$ 984,444.44	0.03	1	25	7.853981 634	$ 7,731,808.59
4	PATULA	$ 47,333.33	$ 1,577,777.78	$ 593,333.33	$ 984,444.44	0.03	1.2	30	13.57168 026	$ 13,360,565.24
5	CHOIBÁ	$ 114,000.00	$ 3,800,000.00	$ 1,753,333.33	$ 2,046,666.67	0.03	1	20	6.283185 307	$ 12,859,585.93
5	CHOIBÁ	$ 114,000.00	$ 3,800,000.00	$ 1,753,333.33	$ 2,046,666.67	0.03	1.2	25	11.30973 355	$ 23,147,254.67
5	CHOIBÁ	$ 114,000.00	$ 3,800,000.00	$ 1,753,333.33	$ 2,046,666.67	0.03	1.5	30	21.20575 041	$ 43,401,102.51

6	**CEDRO AMARGO**	$ 74,000.00	$ 2,466,666.67	$ 760,000.00	$ 1,706,666.67	0.03	0.7	20	3.078760801	$ 5,254,418.43
6	**CEDRO AMARGO**	$ 74,000.00	$ 2,466,666.67	$ 760,000.00	$ 1,706,666.67	0.03	1	25	7.853981634	$ 13,404,128.66
6	**CEDRO AMARGO**	$ 74,000.00	$ 2,466,666.67	$ 760,000.00	$ 1,706,666.67	0.03	1.2	30	13.57168026	$ 23,162,334.32
7	**PERILLO**	$ 57,333.33	$ 1,911,111.11	$ 613,333.33	$ 1,297,777.78	0.03	0.6	20	2.261946711	$ 2,935,504.18
7	**PERILLO**	$ 57,333.33	$ 1,911,111.11	$ 613,333.33	$ 1,297,777.78	0.03	0.8	30	6.031857895	$ 7,828,011.13
7	**PERILLO**	$ 57,333.33	$ 1,911,111.11	$ 613,333.33	$ 1,297,777.78	0.03	1	40	12.56637061	$ 16,308,356.53
8	**CHINGALE**	$ 46,000.00	$ 1,533,333.33	$ 573,333.33	$ 960,000.00	0.03	0.5	20	1.570796327	$ 1,507,964.47
8	**CHINGALE**	$ 46,000.00	$ 1,533,333.33	$ 573,333.33	$ 960,000.00	0.03	0.7	25	3.848451001	$ 3,694,512.96
8	**CHINGALE**	$ 46,000.00	$ 1,533,333.33	$ 573,333.33	$ 960,000.00	0.03	0.8	30	6.031857895	$ 5,790,583.58
9	**GRANADILLO**	$ 110,250.00	$ 3,675,000.00	$ 1,600,000.00	$ 2,075,000.00	0.03	0.4	19	0.955044167	$ 1,981,716.65
9	**GRANADILLO**	$ 110,250.00	$ 3,675,000.00	$ 1,600,000.00	$ 2,075,000.00	0.03	0.8	25	5.026548246	$ 10,430,087.61
9	**GRANADILLO**	$ 110,250.00	$ 3,675,000.00	$ 1,600,000.00	$ 2,075,000.00	0.03	1	30	9.424777961	$ 19,556,414.27
10	**PUERTO ASIS**	$ 169,000.00	$ 5,633,333.33	$ 1,666,666.67	$ 3,966,666.67	0.03	0.5	20	1.570796327	$ 6,230,825.43
10	**PUERTO ASIS**	$ 169,000.00	$ 5,633,333.33	$ 1,666,666.67	$ 3,966,666.67	0.03	0.7	25	3.848451001	$ 15,265,522.30
10	**PUERTO ASIS**	$ 169,000.00	$ 5,633,333.33	$ 1,666,666.67	$ 3,966,666.67	0.03	0.8	30	6.031857895	$ 23,926,369.65

Fuente: Elaboración propia

5. AUTOMATIZACIÓN DE CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para hacer un ejercicio de automatización de los cálculos de los valores en pie, se decidió utilizar como datos los resultados obtenidos en el apartado anterior y ajustar rectas de regresión lineal múltiple haciendo uso del software RStudio.

Para evitar multicolinealidad se decidió categorizar una dummy para cada una de las especies y así ajustar un modelo por cada una de las especies.

Las variables a considerar son las mismas con las que se hicieron los cálculos y se muestran a continuación:

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	DESCRIPCION
REGRESORA	ID_E	IDENTIFICADOR DE ESPECIE - SERÁ UTILIZADO PARA HACER DUMMYS SEGÚN LA ESPECIE
REGRESORA	DEST	DESTRONQUE
REGRESORA	TAL	TALADO Y CORTADO DE LA RASTRA
REGRESORA	F_BESTIAS	FLETE DE TRANSPORTE DE LAS RASTRAS EN BESTIAS (MULAS)
REGRESORA	F_BOGOTA	FLETE DE TRANSPORTE DE LAS RASTRAS EN TRACTOMULA HASTA BOGOTÁ
REGRESORA	CARGA	PRECIO DE LA CARGA Y DESCARGA POR RASTRA
REGRESORA	SALVO	SALVOCONDUCTO DE CORTE DE ARBOL
REGRESORA	DAP	DISTANCIA DE ARBOL A PECHO
REGRESORA	H	ALTURA COMERCIAL
REGRESORA	VOL	VOLUMEN GENERADO DEL ARBOL
RESPUESTA	VAL_PIE	VALOR DEL ARBOL EN PIE

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, se realizó una gráfica de la distribución de probabilidad de la variable respuesta y se observa que no sigue una distribución normal, por lo tanto, se decide transformarla con el logaritmo natural.

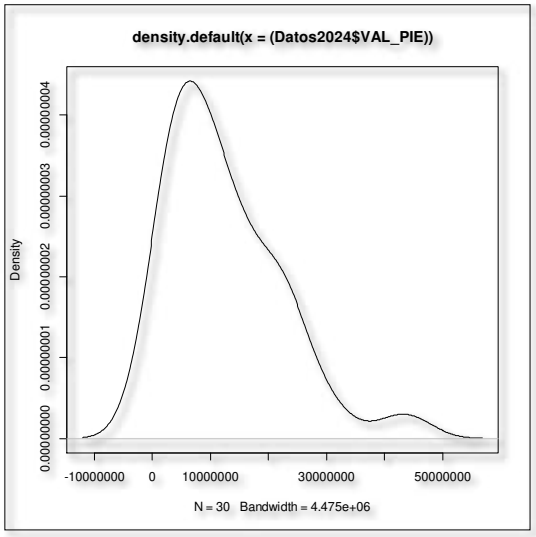


Ilustración 22 Distribución de probabilidad de la variable respuesta. RStudio.

Una vez transformada la variable respuesta, se procede a crear las dummys para cada una de las especies utilizando el ID_E:

```
> # ========================================================== CREACION DE DUMMYS ========================
> #  DUMMYS DE LA ESPECIES
> Datos$TECA<- ifelse(Datos$ID_E==1,1,0)
> Datos$F_MORADO<- ifelse(Datos$ID_E==2,1,0)
> Datos$SAPAN<- ifelse(Datos$ID_E==3,1,0)
> Datos$PATULA<- ifelse(Datos$ID_E==4,1,0)
> Datos$CHOIBA<- ifelse(Datos$ID_E==5,1,0)
> Datos$C_AMARGO<- ifelse(Datos$ID_E==6,1,0)
> Datos$PERILLO<- ifelse(Datos$ID_E==7,1,0)
> Datos$CHINGALE<- ifelse(Datos$ID_E==8,1,0)
> Datos$GRANADILLO<- ifelse(Datos$ID_E==9,1,0)
> Datos$P_ASIS<- ifelse(Datos$ID_E==10,1,0)
>
```

Ilustración 23 Creación de dummys RStudio.

Ya teniendo todas las dummys, se procede a ajustar cada uno de los modelos teniendo en cuenta todas las variables, que van a ser depuradas con el código de selección de stepwise, adoptando el mejor modelo:

```
#VAMOS A AJUSTAR MODELOS POR CADA UNA DE LAS ESPECIES
#=================================================TECA=================================
#
TECA<-lm(lnVAL_PIE~VAL_COM+DEST+TAL+F_BESTIAS+F_BOGOTA+CARGA+SALVO+DAP+H+VOL+TECA, data = Datos2024)
summary(TECA)

stepwise(TECA, direction = 'forward/backward', criterion = 'AIC')
TECA2<-lm(formula = lnVAL_PIE ~ DAP + VAL_COM + H + VOL + F_BESTIAS +
            DEST + TECA, data = Datos2024)

summary(TECA2)
```

Ilustración 24 Código de ajuste del mejor modelo para cada especie. RStudio.

Una vez se tiene el mejor modelo para la especie, se hacen los cálculos para verificar los supuestos de normalidad, homocedasticidad y multicolinealidad:

```
#PRUEBA DE NORMALIDAD CUMPLE
lillie.test(residuals(TECA2)) # Kolmogorov - Smirnov

#PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD CUMPLE
bptest(lnVAL_PIE ~ DAP + VAL_COM + H + VOL + F_BESTIAS +
         DEST + TECA, varformula = ~ fitted.values(TECA2), studentize=TRUE, data=Datos2024)  # Breusch-Pagan

# MULTICOLINEALIDAD <10
mean(vif(TECA2)) # Factor de Inflación de Varianza
```

Ilustración 25 Código de validación de los supuestos del modelo. RStudio.

Finalmente, después de verificar que se cumplieran todos los modelos se puede proceder a predecir los valores con confianza y verificar las diferencias con los datos.

5.1 RESULTADOS

Los resultados de los ajustes de los modelos se encuentran a continuación:

ID_E	MODELO	R^2	KOLMOGOROV SMIRNOV	BREUSH PAGAN	VIF	COEFICIENTES										
						INTERCEPT	DEST	F_BESTIAS	F_BOGOTA	CARGA	SALVO	DAP	H	VOL	DUMMY_E	VAL_COM
1	TECA	0.9915	0.3675	0.2139	6.9	10.80615969	2.03859E-06	-1.15393E-06	N/A	N/A	N/A	3.66559	0.063941	-0.088435	-0.228117144	5.1486E-07
2	FLOR MORADO	0.989	0.2938	0.08	6.51	10.89522718	1.45405E-06	-7.5957E-07	N/A	N/A	N/A	3.525299	0.063769	-0.082524	0.118739495	4.9926E-07
3	SAPAN	0.9924	0.262	0.3197	3.81	10.89825259	1.4115E-06	N/A	N/A	N/A	N/A	3.548389	0.066661	-0.085467	-0.326467191	4.192E-07
4	PATULA	0.9934	0.1728	0.05899	7.1486	11.85892115	-1.2809E-06	N/A	N/A	-1.62726E-05	-1.6386E-06	4.119312	0.051279	-0.093612	-0.371379215	6.512E-07
5	CHOIBÁ	0.9965	0.7065	0.8893	11.64	10.67302292	1.05571E-06	-1.00148E-06	-1.11096E-06	-5.38359E-06	3.97538E-06	3.869342	0.060186	-0.096079	0.28795199	5.4611E-07
6	CEDRO AMARGO	0.9933	0.1552	0.9796	11.536	11.06800669	-0.000005323	N/A	N/A	-1.18026E-05	4.4063E-06	3.830259	0.059661	-0.092957	0.713397534	0.000000502
8	CHINGALE	0.9891	0.802	0.05681	6.5031	10.99965796	1.28108E-06	-8.7336E-07	N/A	N/A	N/A	3.419713	0.065668	-0.080767	-0.126403064	4.9353E-07
10	PUERTO ASIS	0.9972	0.6406	0.7418	8.35	10.5910943	N/A	2.9427E-07	-2.9657E-07	N/A	N/A	3.866328	0.060202	-0.095238	-0.763928784	7.376E-07

R^2	MUY CERCANO A 1
KOLMOGOROV-SMIRNOV	>0.05 CUMPLE NORMALIDAD
BREUSH-PAGAN	>0.05 CUMPLE HOMOCEDASTICIDAD
	CUMPLE, PERO CERCANO A 0.05
VIF	Multicolinealidad baja
	Multicolinealidad moderada
	Multicolinealidad alta
N/A	VARIABLE NO SIGNIFICATIVA EN EL MODELO

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el coeficiente de determinación R^2 de cada uno de los modelos realizados, la probabilidad de cada uno de los estadísticos calculados para verificar los supuestos y los coeficientes o betas que acompañan a cada una de las variables regresoras. Es de vital importancia resaltar, que la especie 7 – Perillo y 9 – Granadillo, no se presenta en los resultados, puesto que, la variable dummy que permitía identificar en el modelo de estas dos especies, resulto no ser significativa, por lo tanto, no permitía calcular el valor de estas especies.

Como se puede observar, todos los modelos cuentan con un coeficiente de determinación muy bueno, cercano a 1. Los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se cumplieron en todos los modelos propuestos, unos más significativos que otros, el supuesto de multicolinealidad es una limitación de los modelos, a pesar de que la mayoría lo cumplió, el modelo de la Choibá y el Cedro Amargo presentaron multicolinealidad alta, lo que puede deberse a los pocos datos, a los coeficientes de determinación tan altos y a la dependencia lineal entre algunas variables. Sin embargo, pese a las limitaciones de los modelos, se procedió a predecir los datos originales de cada especie con su respectivo modelo y se obtuvieron los siguientes resultados:

ID_E	MODELO	H	DAP	VALOR EN PIE TABLA	VALOR EN PIE MODELO	DIFERENCIA	DIFERENCIA(%)
1	TECA	20	1	$ 10,807,078.73	$ 9,971,093.27	$ 835,985.46	7.736%
1	TECA	22	1.3	$ 20,090,359.36	$ 21,114,126.68	-$ 1,023,767.32	5.096%
1	TECA	25	1.5	$ 30,394,908.92	$ 31,345,396.76	-$ 950,487.84	3.127%
2	FLOR MORADO	20	0.6	$ 4,086,583.72	$ 3,859,943.49	$ 226,640.24	5.546%
2	FLOR MORADO	30	0.8	$ 10,897,556.60	$ 10,829,764.42	$ 67,792.18	0.622%
2	FLOR MORADO	40	1	$ 22,703,242.91	$ 24,186,602.22	-$ 1,483,359.31	6.534%
3	SAPAN	20	0.6	$ 2,010,619.30	$ 1,974,121.73	$ 36,497.57	1.815%
3	SAPAN	25	0.8	$ 4,468,042.89	$ 4,423,021.64	$ 45,021.25	1.008%
3	SAPAN	30	1	$ 8,377,580.41	$ 8,618,416.77	-$ 240,836.36	2.875%
4	PATULA	20	0.8	$ 3,958,686.00	$ 3,826,189.66	$ 132,496.33	3.347%
4	PATULA	25	1	$ 7,731,808.59	$ 7,872,214.77	-$ 140,406.18	1.816%
4	PATULA	30	1.2	$ 13,360,565.24	$ 13,576,623.34	-$ 216,058.11	1.617%
5	CHOIBÁ	20	1	$ 12,859,585.93	$ 13,337,764.42	-$ 478,178.50	3.718%
5	CHOIBÁ	25	1.2	$ 23,147,254.67	$ 24,105,967.94	-$ 958,713.26	4.142%
5	CHOIBÁ	30	1.5	$ 43,401,102.51	$ 40,180,806.93	$ 3,220,295.58	7.420%
6	CEDRO AMARGO	20	0.7	$ 5,254,418.43	$ 5,048,541.76	$ 205,876.67	3.918%
6	CEDRO AMARGO	25	1	$ 13,404,128.66	$ 13,771,475.25	-$ 367,346.59	2.741%
6	CEDRO AMARGO	30	1.2	$ 23,162,334.32	$ 23,463,814.88	-$ 301,480.56	1.302%
8	CHINGALE	20	0.5	$ 1,507,964.47	$ 1,554,384.18	-$ 46,419.71	3.078%
8	CHINGALE	25	0.7	$ 3,694,512.96	$ 3,558,714.71	$ 135,798.25	3.676%
8	CHINGALE	30	0.8	$ 5,790,583.58	$ 5,831,996.78	-$ 41,413.20	0.715%
10	PUERTO ASIS	20	0.5	$ 6,230,825.43	$ 6,329,551.89	-$ 98,726.46	1.584%
10	PUERTO ASIS	25	0.7	$ 15,265,522.30	$ 14,918,162.67	$ 347,359.63	2.275%
10	PUERTO ASIS	30	0.8	$ 23,926,369.65	$ 24,101,629.25	-$ 175,259.60	0.732%

DIFERENCIA MENOR AL 5%	19
DIFERENCIA ENTRE EL 5 - 10%	5
DIFERENCIA MAYOR AL 10%	0

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, a pesar de tener limitaciones del supuesto de multicolinealidad, todos los modelos tuvieron unos resultados de predicción bastante buenos, con 19 de los 24 datos con una diferencia menor al 5% con respecto a los datos originales y solo 5 datos con una diferencia entre el 5 y 10% con respecto a los datos originales, lo cual es un porcentaje de acierto válido para el propósito de automatizar los cálculos.

CONCLUSIONES

- Se pudo verificar que una alternativa para calcular el valor en pie de árboles maderables, se puede realizar con métodos indirectos o residuales, los cuales están en función de calcular el valor comercial de la madera que producen los árboles y descontar los costos necesarios para extraerla y transportarla.

- Se determinaron los valores de los árboles en pie de las especies, donde fue posible identificar que las características físicas como, altura y diámetro influyen directamente en el valor, entendiendo que el enfoque es maderable, a mayor volumen del árbol, el valor resultará más alto.

- Según los cálculos realizados, se verificó que especies maderables, como el Cedro amargo y el Puerto Asís, son muy demandadas por la industria maderera para la fabricación de muebles de alta calidad, instrumentos musicales y materiales de construcción de primera categoría, lo cuál explicaría su alto valor de árbol en pie.

- Según los cálculos realizados, se verificó que especies maderables, como el Pino Patula, el Chingalé y el Sapán, son demandadas por la industria constructora principalmente por sus capacidades de soportar grandes esfuerzos, alta resistencia a la flexión y facilidad de trabajar, siendo utilizados como vigas y viguetas, si bien estas maderas son muy apetecidas por las cualidades mencionadas, en esencia no son maderas de una calidad muy alta, por lo que se explica, que sean las de menor valor de la tabla de estimaciones.

- Según los cálculos realizados, se verificó que la especie maderable Choibá es muy apreciada para la fabricación de puentes, durmientes, estructuras marítimas, suelos industriales y maquinaria industrial. A pesar de que la madera de Choibá no posee la misma calidad que especies como el Cedro amargo y el Puerto Asís, sus altas cualidades de densidad y resistencia le otorgan un alto valor debido a sus múltiples aplicaciones.

- Según los cálculos realizados, se verificó que especies maderables como la Teca, el Flor Morado, el Perillo y el Granadillo son valoradas para suplir la alta demanda en la fabricación de muebles y ebanistería en general. Aunque estas especies no poseen el valor más alto asociado a maderas de mayor calidad, su buena calidad y alta demanda en el mercado explican su valor intermedio.

- Mediante los modelos de regresión lineal múltiple se pudo verificar que variables como el costo de destronque, el flete de bestias y del DAP y la H, son las variables más significativas a la hora de calcular el valor en pie de los árboles, es decir, se pudo demostrar alternativamente, que el método indirecto o residual funciona para calcular el valor de árbol en pie.

BIBLIOGRAFÍA

Amáez E. & E. Flórez. 1986. Características de la madera de Cedrela odorata L. (cedro amargo, Meliaceae) en Costa Rica. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica

Arévalo, R. L y Londoño, A. 2005. Manual para la identificación de maderas que se comercializan en el departamento del Tolima. Universidad del Tolima. Universidad del Tolima y Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA. (Disponible en DOI: 10.13140/RG.2.1.2935.5049)

Cárdenas, J. (2015). Usos y beneficios del ciprés en Colombia. Revista de Silvicultura.

Cárdenas, D., & Salinas, N. R. (Eds.). (2007). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. CAR. (2019). Plan de Manejo y Conservación del Cedro (*Cedrela odorata L.*) para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 58 p.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2020). Guía de cubicación de madera. Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2020-04/07.%20GUIA%20DE%20CUBICACION%20DE%20MADERA.pdf

CONAFOR. (s/f). Granadillo (Platymiscium spp.). Comisión Nacional Forestal. Obtenido de https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/plantas-maderables-7220

Dairon Cárdenas López, N. S. (2006). Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Bogotá DC: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI", 2007. Obtenido de https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/12/LibroRojoMaderables.pdf

Dávila Castillo, C. A. (2003). Acta 0167 A2. Valoración de la madera en pie. Una alternativa para el manejo adecuado de los recursos naturales. XII Congreso Forestal Mundial

Farrelly, D. (1984). The Tectona Story: A History of the Tectona grandis Plantation Project in Costa Rica. Oxfam.

Fedemaderas. (2023). 07 BOLETÍN FORESTAL DICIEMBRE 2023. Obtenido de https://fedemaderas.org.co/boletin-forestal-2023/. https://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2022/04/BOLETIN_FORESTAL_MARZO_2022_WEB.pdf

Federación Nacional de Industriales de la Madera. (2021). Guía de cubicación de madera (Parte 2). Obtenido de https://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2021/09/Guía_de_Cubicación_de_Madera-PARTE-2.pdf

Forestal Maderero. (n.d.). Pino pátula. Forestal Maderero. https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/pino-patula.html

Gregersen, H. M. (1995). Valuing forests: context, issues and guidelines (Vol. 127). Food & Agriculture Org.

López, D. C., & Salinas, N. (s. f.). Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 4. Especies maderables amenazadas: Primera parte. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas «SINCHI». Obtenido de

https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf

López Camacho, René & Pulido, Esperanza & González-M, Roy & Nieto, Jhon & Vásquez Valderrama, Maribel. (2014). Maderas. Especies comercializadas en el territorio CAR: Guía para su identificación.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1996). Decreto 1791 de 1996: Por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/decreto1791_1996.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala. (2004). Inventario Forestal Nacional Manual de Campo Modelo. Recuperado de https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e4db861-38ab-4fa2-b9ee-6cbee85972e4/content

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Colombia corre el riesgo de perder valiosas especies maderables. Obtenido de https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-asuntos-ambientales/1947-colombia-corre-el-riesgo-de-perder-valiosas-especies-maderables

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403(6772), 853-858. https://doi.org/10.1038/35002501

Nations, F. a. (2020). Caracterización de las 30 especies forestales maderables más Movilizadas en Colombia provenientes del bosque natural. Minambiente. Obtenido de https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyS

erviciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/Cata%CC%81logo_de_maderas_de_Colombia.pdf

Pereira, M. C., Souza, L. A., Citadini-Zanette, V., & Scalon, S. P. Q. (2016). Morphological and anatomical characterization of fruits and seeds of Campomanesia species (Myrtaceae). Brazilian Journal of Botany, 39(3), 755-763. https://doi.org/10.1007/s40415-016-0279-8

Riaño M, O. & Lizarazo, I. (2017). Estimación del volumen de madera en árboles mediante polinomio único de ahusamiento. Colombia Forestal, 20(1), 55-62

Rodríguez, M. (2001). Análisis de Regresión Múltiple. Estadística Informática: Casos y Ejemplos Con El SPSS, 3–17. https://doi.org/84-7908-638-6

Smith, A. (1776). La Riqueza de las Naciones.

Stock, J. H., & Watson, M. m. (2012). Introductión to Econometrics. In British Journal of Cancer (Vol. 3).

Vargas, A., & Rodríguez, I. (1980). Multicolinealidad. Revista Colombiana de Estadística, 1(2).

Vargas, J., Pérez, M., & Ruiz, A. (2014). Características botánicas y usos del ciprés en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Wooldridge, J. (2018). Introducción a la econometría Un enfoque moderno. In Angewandte Chemie International Edition (Vol. 6, Issue 11).

WWF (2023). Madera legal: un mercado lleno de oportunidades para Colombia.

WWF Colombia, Pizano, M., & Rueda, R. (Eds.). (2014). Maderas de Colombia: 15 especies para promover su comercialización (Versión aprobada). WWF Colombia.

https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/maderas_de_colombia_15_version_aprobada.pdf