

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN COMERCIAL DE RAMAS DE
“*Cedrelinga cateniformis*” (TORNILLO) EN FUNCIÓN AL DAP Y EL
ÁREA DE COPA EN UN BOSQUE DE COLINAS, REGIÓN UCAYALI**

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

FREDY WALTER ZAMUDIO HAUSXWELL

Pucallpa, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 436-2022-UNU-FCsFyA-CGT

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 12.06 horas del día viernes 08 de Julio del 2022, de acuerdo al reglamento de Gratos y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del jurado evaluador, en el auditorio de la facultad de ciencias forestales y ambientales los mismo que fueron designados con el MEMO MULT. 0076-2022-UNU-FC,FyA-CGT.

Los miembros del jurado presente: Dr. Fernando Velásquez de la Cruz (presidente), Dr. Cesar Mori Montero (miembro), Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade (miembro) procedieron a la evaluación de la tesis denominado: **“DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN COMERCIAL DE RAMAS DE *Cedrelinga cateniformis* (TORNILLO) EN FUNCIÓN AL DAP Y EL ÁREA DE COPA EN UN BOSQUE DE COLINAS, REGIÓN UCAYALI”**, presentado por el Bach. ZAMUDIO HAUSXWELL, FREDY WALTER, asesorado por el Dr. Jorge Arturo Mori Vásquez, finalizada la sustentación, se procedió a la formulación de las preguntas por parte del jurado evaluador, siendo absuelto en forma satisfactoria por el sustentante.

En conclusión, la tesis fue aprobada por unanimidad con calificación muy buena y recomendado su extensión y publicación, quedando expedito para el otorgamiento del título profesional de ingeniero forestal. Siendo las 1.10 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmado por los miembros en señal de conformidad.

.....
Dr. Fernando Velasquez de la Cruz

Presidente.

.....
Dr. César Mori Montero
Miembro

.....
Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN Y FIRMA DE JURADO DE TESIS

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal

Dr. Fernando Velázquez de la Cruz



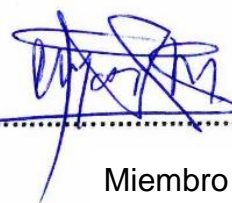
.....
Presidente

Dr. Isaias Alberto salinas Andrade



.....
Miembro

Dr. Cesar Mori Montero



.....
Miembro

Dr. Jorge Arturo Mori Vázquez



.....
Asesor

Bach. Fredy Walter Zamudio Hausxwell



.....
Tesisista



CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0354-2022

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:

“DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN COMERCIAL DE RAMAS DE “Cedrelinga cateniformis” (TORNILLO) EN FUNCIÓN AL DAP Y EL ÁREA DE COPA EN UN BOSQUE DE COLINAS, REGIÓN UCAYALI”.

Autor(es) : ZAMUDIO HAUSXWELL, FREDY WALTER

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela : ING. FORESTAL

Asesor : DR. MORI VÁSQUEZ, JORGE ARTURO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 10%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que **SI** se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia.



FECHA 15/06/2022



Mg. JOSE MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Fredy Walter Zamudio Hausxwell
Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:
"Determinación del volumen comercial de ramas de Cedrelinga
cateniformis (Tornillo) en función al DAP y el área de cepa
en un bosque de colinas, región Ucayali"

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr. Jorge Arturo Mori Vasquez.
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales
Escuela Profesional de: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si **su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 08 / 07 / 2022

Email: fredy-p4@outlook.com
Teléfono: 930376893

Firma:
DNI: 45031385

DEDICATORIA

Este logro en mi vida se lo debo gracias al apoyo incondicional que me brindó día a día mi madre; Marita Hausxwell, a mi tía Laura Hausxwell y las palabras de motivación de la profesora Salvith Rodríguez, que mostraron todo su apoyo en mi formación profesional, a mis hermanas Margie, Judith y María y a cada miembro de mi familia que fueron mi soporte de mi formación.

A mis maestros, por las enseñanzas impartidas en cada momento.

A mis amigos por brindarme sus apoyo y consejos, muchas gracias Yzaliz G., Paty Cárdenas, Maribel, Harry T., Willie P., Adrian U, Jackson R., Kiper M., Gilbert M., Cesar A., Fiorella R., Yeliza R., Gian Franco C., Elvira M., Jordan S., Gabriela Sun, Claudia Sun; muchas gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

Retribución especial al Dr. Jorge Arturo Morí Vásquez, por haber cumplido rol de asesor, a la Ing. Forestal Guiomar Seijas Dávila, por haber cumplido el rol de Co-Asesor y la mucha paciencia que me tuvieron para el desarrollo de este trabajo de investigación, respectivamente al Clúster Forestal Ucayali conformada por empresas, profesionales, organizaciones e instituciones, que fueron el apoyo necesario que acompañó con tecnología e innovación esta investigación aplicada al Manejo Forestal Sostenible de los Bosques.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes del Problema.....	5
2.1.1. Características de organolépticas <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke).....	12
2.2. Fundamento Teórico.....	13
2.2.1. Algunos residuos forestales y madereros en la alimentación del ganado.....	14
2.2.2. Relación del DAP con las alturas.....	15
2.2.3. Estudio de la Relación del DAP con el diámetro de copa en un bosque húmedo subtropical.....	16
2.2.4. Relación general del área foliar y el área activa del xilema.....	17
2.2.5. Tecnología Field Map, Características generales y descripción del sistema.....	18

2.3. Definición de términos básicos.....	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Localización del Área de Estudio.....	22
3.2. Método de Investigación.....	23
3.3. Población y Muestra.....	23
3.3.1. Población.....	23
3.3.2. Muestra.....	23
3.4. Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos.....	27
3.4.1. Técnicas.....	27
3.4.2. Instrumentos.....	27
3.5. Procedimiento de Recolección de Datos.....	29
3.6. Tratamiento de Datos.....	33
3.6.1. Cálculo del volumen del fuste.....	33
3.6.2. Cálculo del volumen de las ramas.....	34
3.6.3. Cálculo del área de la copa.....	35
3.6.4. Técnicas de análisis.....	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Resultados obtenidos en campo de las variables dendrométricas, volumen de ramas aprovechables y área de copas de árbol.....	36
4.2. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (Dap) de <i>Cedrelinga cateniformis</i> y el volumen comercial aprovechable de ramas.....	45
4.3. Relación entre el área de proyección de copa (A.P.C) y el volumen de ramas de la <i>Cedrelinga cateniformis</i>	48
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
5.1. Conclusiones.....	51

5.2. Recomendaciones.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXO.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Biomasa de bosques ombrófilos macrotérmicos del río Chamaro, Cuenca del Caura (Dezseo et al., 1993 citado por Hernández, 2001).....	5
Tabla 2. Estadística descriptiva de los 315 árboles de la Amazonía brasilera de los que se midió su biomasa aérea.....	8
Tabla 3. Contribución de cada compartimiento (tronco, ramas gruesas, ramas finas, hojas, flores y frutos, en el peso total de un árbol y del peso fresco (PF) de cada uno que es transformado en peso seco (PS).....	8
Tabla 4. Análisis de regresión de los pesos de la biomasa.....	11
Tabla 5. Relación entre Dap y diámetro de copa en bosques tropicales.....	17
Tabla 6. Clasificación de árboles incluidos en la muestra por clase diamétrica y cantidad de individuos.....	24
Tabla 7. Distribución de individuos de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> del total y número de muestra tomadas.....	25
Tabla 8. Campos de la base de datos construida en Field Map.....	28
Tabla 9. Diámetro a la altura del pecho (DAP) Volumen del fuste, área de copa y volumen comercial de las ramas de 100 individuos de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> , comunidad.....	36
Tabla 10. Estadísticos de las variables en estudio.....	40
Tabla 11. Distribución del total de individuos por clase diamétrica de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> en la PC 5.....	43

Tabla 12. Distribución del volumen de ramas de la especie según clase diamétrica.....	44
Tabla 13. Coeficientes de correlación de los modelos en los que se obtuvo los mayores valores.....	46
Tabla 14. Coeficiente de determinación entre el volumen comercial de las ramas y el área de proyección de copa de acuerdo a las regresiones lineal, cuadrática y cúbica.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación entre el diámetro de los árboles y la biomasa de ramas y follaje.....	12
Figura 2. Análisis de varianza para regresión cuadrática de la relación del DAP con el diámetro de copa en un bosque húmedo tropical.....	17
Figura 3. Relación entre el área foliar y el área activa del xilema.....	18
Figura 4. Componentes de hardware típico del Field Map: brújula electrónica (1), telescopio (2), láser rangefinder (distanciómetro) e inclinómetro electrónico (3), computadora de campo (4), marco o armazón de la computadora (5) y trípode (6).....	19
Figura 5. Localización del área de estudio, Mapas de ubicación del pc 05 en la CC.NN Mensoriari Atalaya.....	22
Figura 6. Mapas de dispersión de los árboles incluidos en la muestra.....	26
Figura 7. Esquema de base de datos construida utilizando el programa Field Map Project.....	28
Figura 8. Características del equipo Field Map utilizado en la toma de datos de campo y tomar las medidas necesarias para el desarrollo del trabajo.....	30
Figura 9. Procedimiento de medida de alturas y diámetros.....	31
Figura 10. Procedimiento de medida del diámetro de copa.....	32
Figura 11. Procedimiento de medición de ramas.....	33
Figura 12. Dispersión de puntos del volumen aprovechable de las ramas en relación al Dap, área basal, volumen comercial, área de copa.....	39

Figura 13. Representación de los volúmenes de ramas aprovechables y volúmenes del fuste.....	40
Figura 14. Distribución del total de individuos por clase diamétrica de la especie <i>Cedrelinga cateniformis</i> en la PC 5.....	42
Figura 15. Distribución del volumen de ramas de la especie según clase diamétrica.....	44
Figura 16. Representación de los volúmenes comerciales de ramas y el Dap, así como las líneas de las respectivas regresiones lineales, potencia y S.....	45
Figura 17. Representación de los puntos del volumen comercial de las ramas y el área de proyección de copa, así como regresiones que fueron probadas.....	48

RESUMEN

Teniendo conocimiento que los árboles tropicales de grandes dimensiones tienen una gran cantidad de su biomasa en la copa, que es conformada por ramas que tienen diámetros incluso superiores a los diámetros mínimos de corte, y por lo tanto podrían ser aprovechados, pero que no existen estudios que cuantifiquen esta porción de la masa arbórea aprovechable, el presente estudio tuvo como objetivo encontrar la relación que existe entre diámetro a la altura del pecho y el área de proyección de copa con el volumen comercial de las ramas de "*Cedrelinga cateniformis*" (Tornillo). Para ellos se evaluaron 100 árboles de la especie en estudio, midiendo sus Dap, área de proyección de copa utilizando el equipo Field Map, luego de talado los árboles se midió el diámetro mayor y menor, longitud de las ramas aprovechables, con estos datos se calculó el volumen comercial de las ramas, luego los datos fueron sometidos a análisis de regresión. Los resultados indican que la variable que mejor explica el volumen comercial de ramas de *Cedrelinga cateniformis* es el diámetro a la altura del pecho (Dap), ya que utilizando la regresión de potencia y de S, logra explicar un 19.5% de la variación en el volumen de las ramas aprovechables, así mismo estos valores son significativos a un 95%, por otra parte la regresión lineal, que sería la más fácil de aplicar para proyectar el volumen de la madera aprovechable proveniente de ramas explica un 15.4%; el volumen de la madera comercial o aprovechable proveniente de ramas varió desde 0.13 m³ a 3.61 m³, con una media de 1.0169 y el porcentaje de madera de ramas aprovechables, entre 0.85% y 25.42% con un promedio de 6.07%. La ecuación de potencia y S utilizando el Dap, se puede utilizar para estimar el volumen de ramas aprovechables.

Palabras clave: *Cedrelinga cateniformis* Dap, diámetro de copa, volumen de ramas, ecuaciones alométricas.

ABSTRACT

Bearing in mind that large tropical trees have a large amount of their biomass in the crown, which is made up of branches that have diameters even greater than the minimum cutting diameters, and therefore could be used, but that do not exist studies that quantify this portion of the usable tree mass, the present study aimed to find the relationship between the diameter at breast height and the crown projection area with the commercial volume of the branches of "*Cedrelinga cateniformis*" (Tornillo). For them, 100 trees of the species under study were evaluated, measuring their Dap, crown projection area using the Field Map equipment, after felling the trees the largest and smallest diameter was measured, length of the usable branches, with these data The commercial volume of the branches was calculated, then the data was subjected to regression analysis. The results indicate that the variable that best explains the commercial volume of *Cedrelinga cateniformis* branches is the diameter at breast height (DBH), since using the regression of power and S, it manages to explain 19.5% of the variation in the volume of usable branches, likewise these values are significant at 95%, on the other hand, linear regression, which would be the easiest to apply to project the volume of usable wood from branches, explains 15.4%; the volume of commercial or usable wood from branches varied from 0.13 m³ to 3.61 m³, with an average of 1.0169 and the percentage of wood from usable branches, between 0.85% and 25.42% with an average of 6.07%. The equation of power and S using the DBh, can be used to estimate the volume of usable branches.

Keywords: *Cedrelinga cateniformis*, Dap, crown diameter, branch volume, allometric equations.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la civilización, la madera viene siendo utilizada como materia prima en distintos aspectos de la vida humana, quedando registrado durante toda la historia de la humanidad el importante papel que jugó a lo largo de la historia del desarrollo humano. En el caso de nuestra Amazonía, debido al aprovechamiento de las distintas especies de árboles, siendo nuestra Amazonía peruana privilegiada por la gran cantidad de especies maderables que posee, la cual constituye parte de su gran biodiversidad (Roldan, 2014).

El aprovechamiento forestal en las áreas tropicales tiene como principal objetivo extraer el fuste de los árboles a partir de cierto diámetro mínimo de corte que es establecido por la autoridad forestal competente.

Pero en el caso de los bosques de nuestra Amazonía, muchas veces nos encontramos con especies forestales maderables que tienen grandes dimensiones, superando los 50 metros de alto, lo cual les permite tener una copa bastante grande confirmado por ramas cuyos diámetros muchas veces superan el diámetro mínimo de corta para la especie.

Como se comprenderá, este volumen de madera podría ser aprovechado incrementando de este modo el volumen aprovechable por hectárea, permitiendo de este modo incrementar los niveles de ingresos de las empresas concesionarias de bosques, beneficiando de este modo el desarrollo de los pueblos aledaños, ya que se dirigirían mayores inversiones hacia esas áreas para la extracción de estos volúmenes adicionales, aportando de este modo el desarrollo social de esta área.

Frente a esta realidad, nos encontramos con el problema de la existencia de escasa información relacionada a la cantidad de madera que representaría estas ramas cuyos diámetros superan los diámetros mínimos de corta para la especie y que

por lo tanto podrían incrementar el volumen aprovechable por hectárea. Así mismo no se tiene información sobre si existe alguna relación entre dimensiones dasométricas que se miden con frecuencia como el diámetro a la altura del pecho (Dap) o de alguna dimensión fácil de medir como el área de copa con relación al volumen de la madera con posibilidad de aprovechar que se encuentre en las ramas. Información que ayudaría a proyectar futuros incrementos de volúmenes a aprovechar proveniente de las ramas.

Por otra parte, en la actualidad existen herramientas que nos permiten coleccionar y procesar en tiempo real información referente al Dap y al área de copa, entre las que podemos mencionar a la tecnología Field Map, un equipo integrado por un hardware de campo integrado a un software que permite hacer colecta de datos de campos, realizando mediciones precisas del Dap y de las formas de copas de cada árbol antes de ser tumbados y realizar cálculos en tiempo real.

Considerando lo expuesto, es que esta investigación tiene el propósito de contribuir a un mayor aprovechamiento de la madera de la especie *Cedrelinga cateniformis*, ya es una de las cinco principales especies maderables que se aprovechan en nuestro país, de esta forma también se estaría contribuyendo a disminuir la presión sobre las poblaciones naturales de esta especie, evitando la pérdida de material maderable, que son las ramas, con potencial aprovechables, además que se permitiría tener mayor áreas libres y crecer mejor la regeneración natural de esta especie, eminentemente heliófita.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En el Perú la superficie boscosa abarca actualmente alrededor del 53% del territorio nacional (68,7 millones de hectáreas según información de la FAO), de las cuales actualmente el 30% están categorizadas como bosque de producción permanentes y son las zonas donde la actividad forestal se ha intensificado desde el año 2002, en donde se realizaron los primeros concursos públicos para el otorgamiento de concesiones forestales maderables.

El manejo sostenible de recursos, busca proporcionar beneficios económicos a través de la producción de la madera y otros productos forestales no maderables y al mismo tiempo conservar los ecosistemas naturales, la experiencia sugiere que un número de obstáculos limita tanto la adopción de prácticas sostenibles, como su utilidad en las estrategias de conservación (FAO, 2003).

Uno de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en los bosques de producción permanente de la Amazonía, donde aún existen árboles de grandes dimensiones, es la no utilización de todo el recurso maderable que no solo incluye el fuste sino las ramas de dimensiones que puedan ser utilizadas comercialmente, situación que incrementa los residuos que quedan en el bosque, obstaculizando de esta manera el crecimiento de las regeneraciones naturales.

La pérdida de material maderable constituida por las ramas con potencial aprovechable puede ser superado cuantificándolos en base a mediciones de

características dasonométricas que en la actualidad se determinan como parte del censo forestal o con medición de una característica fácil de medir como es el área de la copa. Esta operación no se realiza en la actualidad, a pesar que incrementaría la eficiencia del aprovechamiento lo que ayudaría al incremento de la producción del recurso maderable dentro del bosque y por lo tanto se lograría un mayor ingreso económicos por producción y se orientarían mayores recursos, para este fin, hacia zonas lejanas donde se desarrolla la actividad forestal y por lo tanto habría mayores posibilidades de un mayor crecimiento social.

Por otra parte, existen estudios orientados a la utilización de las ramas de árboles como fuente de madera, dentro de las cuales se tiene el de relacionar los efectos del tamaño de la rama con la calidad de la madera a través del índice de ramas. Este indicador mide las ramas más grandes de cada cuadrante, distribuidas radialmente para una longitud de troza determinada. Además de su fácil medición, su utilización se debe básicamente a que mide las ramas más grandes en un árbol, considerando que éstas son las que tienen el mayor efecto sobre las diferentes calidades de la madera aserrada, relacionándolo con el valor de la troza no podada (Inglis y Cleland, 1982).

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es la relación existente entre el volumen comercial de las ramas de *Cedrelinga cateniformis* (Tornillo), con el Dap y el área de copa de la especie, en un bosque de colina media?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los Dap y el área de copa de los árboles de *C. cateniformis* a explotar?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus el Dap de árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga cateniformis*?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus área de copa de los árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga cateniformis*?
- ¿Cuál es la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus volumen comercial del fuste de árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga cateniformis*?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la relación existente entre el volumen comercial de ramas de *Cedrelinga cateniformis* (Tornillo), con el Dap y el área de copa de la especie, en un bosque de colina media.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Medir el Dap y el área de copa de los árboles de *C. cateniformis* a explotar.
- Estimar la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus el Dap de árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga*

cateniformis.

- Estimar la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus área de copa de los árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga cateniformis*.
- Estimar la relación que existe entre el volumen comercial de ramas, versus volumen comercial del fuste de árboles aprovechables de la especie *Cedrelinga cateniformis*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Hernández (2001), presenta la siguiente tabla donde se puede apreciar, que porcentaje del fuste aproximadamente, representan las ramas gruesas.

Tabla 1

Biomasa de bosques ombrófilos macrotérmicos del río Chamaro, Cuenca del Caura (Dezseo et al., 1993 citado por Hernández, 2001)

Clase Dap (cm)	Biomasa aérea (t/ha)				Total
	Hojas	Ramas finas	Ramas gruesas	Fuste	
Bosque con dosel irregular					
Mayor 5 cm	5,49	9,44	56,49	325,4	402,86
Porcentaje del fuste			17,36		
Menor 5 cm	2,9			6,68	8,26
Total	8,39	9,44	56,59	330,76	411,12
Porcentaje del fuste			17,11		
Bosque con dosel regular					
Mayor 5 cm	4,31	7,4	41,68	242,77	307,54
Porcentaje del fuste			17,17		
Menor 5 cm	0,88			6,68	7,56
Total	5,19	7,4	41,68	249,45	315,1
Porcentaje del fuste			16,71		
Bosque con palmas					
Mayor 5 cm	3,19	5,46	21,04	248,92	186,86
Porcentaje del fuste			8,45		
Menor 5 cm	0,43			12,37	2,8
Total	3,62	5,46	21,04	161,29	199,66
Porcentaje del fuste			13,04		

Estudios realizados en bosques de china dan información sobre la composición de la biomasa aérea de los bosques, para eso muestrearon de forma destructiva un total de 122 árboles (9-12 por especie) para determinar la biomasa aérea y subterránea de 12 especies de árboles (*Acer mandshuricum*, *Acer mono*, *Betula platyphylla*, *Carpinus cordata*, *Fraxinus*

mandshurica, *Juglans mandshurica*, *Maackia amurensis*, *P. koraiensis*, *Populus ussuriensis*, *Quercus mongolica*, *Tilia amurensis* y *Ulmus japonica*) en bosques mixtos de coníferas y latifoliados del noreste de China, el área de bosque natural más grande del país. Se examinó la asignación de biomasa y se desarrollaron modelos de biomasa utilizando el diámetro como variable independiente para especies de árboles individuales y todas las especies combinadas. Los resultados mostraron que la mayor asignación de biomasa de todas las especies combinadas fue en los tallos (57,1%), seguida de raíz gruesa (21,3%), rama (18,7%) y follaje (2,9%). El modelo de transformación logarítmica fue estadísticamente significativo para todos los componentes de la biomasa. *P. ussuriensis* tuvo la asignación más alta del 65% a la biomasa del tallo, probablemente debido a su mayor altura a la primera rama viva y por lo tanto una longitud de copa relativamente menor y una asignación de biomasa a las ramas y follaje menor (He et al., 2018).

Caldeira, Saidelles, Schumacher y Godinho (2011) estudiaron la biomasa en plantaciones de *Acacia mearnsii* De Wild, en Río Grande del Sur, Brasil, para lo cual talaron 21 árboles distribuidos en siete clases diamétricas, cubriendo la heterogeneidad de la plantación. Determinaron la biomasa de los componentes: hojas, ramas vivas, ramas muertas, raíces, madera y corteza. Fueron retirados muestras de madera y corteza 50% de la altura total del árbol. Fue hecho un estudio de regresión para estimar la biomasa de los componentes de los árboles en función de la altura y diámetro de las mismas. La biomasa total de los árboles con cuatro años de edad fue de 72,91 Mg/ha, distribuidos 64% en la madera, 11% en las raíces, 10% en la corteza, 7% en las ramas vivas, 5% en las ramas muertas y 3% en las hojas.

La proporción en la que se encuentran cada uno de los componentes de la biomasa aérea varía, así tenemos que (Ross, 2004) trabajando también con *Acacia mearnsii* De Wild, con una densidad de 1525 plantas/ha, en una plantación de 7 años de edad, concluyó que la producción de biomasa de la plantación es de 161,70 Mg/ha, con una distribución de 60,36% de madera, 12,08 de raíces, 11,08 de ramas vivas, 8,45% de corteza, 4,33% de ramas muertas y 3,70% de hojas. Observó que, con mayor densidad y menor edad, hubo menor producción de biomasa total, con mayores contribuciones de madera, corteza, hojas y ramas muertas.

Por otra parte, Barichello, Schumacher y Vogel (2005), también estudiando *Acacia mearnsii* De Wild, de 8 años de edad, siendo el número promedio de 1134 árboles por ha, la biomasa total se distribuyó un 62% en la madera, 12% en las raíces, 9% en las ramas vivas, 8% en la corteza y 5% en las ramas muertas y 3% en las hojas.

Así mismo, Calil (2003), encontró que la contribución de los componentes de la biomasa total fue de 56% de madera, 16% de ramas vivas, 13% de raíces, 7% de corteza, 4,5% de ramas muertas y 4,3% de hojas.

Para Caldeira, Schumacher, Neto, Watzlawick y Santos (2001), uno de los factores que influyen en la cantidad de biomasa generada por un árbol, son la procedencia de la especie. En la procedencia de Batemans Bay e Bodalla, la madera contribuyó con el 45% de la biomasa, seguido de hojas (20%), ramas vivas (19%), corteza (12%), ramas muertas (2%). Ya en la procedencia de Lake George, el orden fue, madera (49%), ramas vivas (19%), hojas (18%), corteza (12%), ramas muertas (1%).

Higuchi, Santos, Ribeiro, Minette y Biot (1998) como resultado del análisis de un banco de datos de biomasa del INPA, correspondiente a 315 árboles de Amazonía brasilera obtiene la información que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2

Estadística descriptiva de los 315 árboles de la Amazonía brasilera de los que se midió su biomasa aérea

Variable	Media	Desviación Estándar	CV%	Mínimo	Máximo
Dap*cm(16	15.3	96	5	120
H-Total (m)	17	7.7	45	5.6	41.4
H-Com (m)	10.7	5.2	49	2.4	26.1
P-Tronco (Kg)	476.3	1299.3	273	4.5	1736.5
P-Copa (kg)	306.4	1031.5	337	0.6	12897.9
% Peso Copa del peso de tronco	64.33				
P-Total (kg)	782.7	2271.1	290	9.1	25634.4
% Peso Copa del peso total del árbol	39.15				
Copa (%)	31	14	45	2	70

Nota: Adaptado por el autor.

Tabla 3

Contribución de cada compartimiento (tronco, ramas gruesas, ramas finas, hojas, flores y frutos, en el peso total de un árbol y del peso fresco (PF) de cada uno que es transformado en peso seco (PS)

Pesos	Estadístico	Tronco	Ramas gruesas	Ramas finas	Hojas	Flor/fruto	Total
Verde	m	2147.36	1109.68	434.24	50.3	1.07	3742.61
	s	2449.14	1985.66	432.65	48.87	5.41	4793.77
	n	38	38(34)	38	38	38(8)	38
% Total	m	65.6	17.83	14.52	2.03	0.01	
	s	14.19	13.43	7.21	1.28	0.03	
	n	38	38(34)	38	38	38(8)	
Seco	m	1301.65	665.63	246.64	23.58	0.8	2238.3
	s	1552.45	1243.55	253.6	23.01	4.6	3005.38
	n	38	38 (34)	38	38	38(8)	38
%PF	m	61.11	60.56	57.22	47.56	36.73	60.25
	s	8.27	7.98	5.75	7.21	20.62	7.41
	n	38	34	38	38	8	38

Nota: m= media aritmética; s= Desviación estándar; n= número de observaciones; % total = Contribución del peso de cada compartimiento del árbol en relación su peso total; %PF= es el % del peso fresco del árbol o del compartimiento que corresponde al peso seco.

Altanzagas et al., (2019), desarrollaron ecuaciones alométricas específicas de especies para el total de biomasa aérea (AGB) y varios componentes de la biomasa, incluida la biomasa de tallos, ramas y follaje en la región de Khangai, al norte de Mongolia. Tomaron muestras destructivas de 183 árboles de cinco especies (22 a 74 árboles por especie), incluido el pino piñonero siberiano (*Pinus sibirica* Du Tour), El abedul blanco asiático (*Betula platyphylla* Sukacz), El álamo mongol (*Populus suaveolens* Fisch), Abeto siberiano (*Picea obovata* Ldb.) Y alerce siberiano (*Larix sibirica* Ldb.). Los resultados mostraron que para las cinco especies, la proporción de biomasa promedio para los tallos fue del 75%, seguida por las ramas al 20% y el follaje al 5%. Los resultados destacan que el desarrollo de modelos AGB de árboles específicos para cada especie es muy importante para estimar con precisión la biomasa en la región forestal de Khangai en Mongolia.

Para especies forestales del bosque húmedo tropical, Dawkins (1963) reporta una relación entre el diámetro de copa–diámetro de fuste de 20 a 1, el mismo que coincide con el diámetro de copa – diámetro de fuste de 20 a 1, para 15 especies de un bosque tropical en Puerto Rico, hallado por (Wadsworth, 2000) y también con los valores hallados por (Lamprecht, 1990).

Recientemente, Hemery, Savill y Pryor (2005), encontraron que en Gran Bretaña las especies forestales tienen mayores relaciones diámetro de copa-diámetro de fuste (Dap) cuando son jóvenes, pero la proporción se reduce a medida que aumenta el diámetro del fuste, comenzando a estabilizarse en torno a 30 cm de Dap.

Por otra parte, Cámara y Snook (2005), realizaron mediciones cálculos de áreas de fuste y observaciones de copas en *Swietenia macrophylla*, y

encontraron que existe relación entre el diámetro del fuste con la cobertura boscosa con respecto al crecimiento y desarrollo del árbol, para adaptabilidad a los fenómenos naturales catastróficos en los bosques tropicales del sureste de México (Península del Yucatán).

Así mismo, Urquia (2015), agrega que el tipo de relación, entre el diámetro de copa y el diámetro de fuste es directa y fuertemente representativa, dada que al aumentar el diámetro del fuste, aumenta el diámetro de copa, confirmado por la naturaleza de la relación, según el coeficiente de correlación de Pearson ($\alpha=0.86966$).

Dada a la falta de trabajos que relacionen volumen de ramas con fuste y copa se logró encontrar los siguientes estudios en ramas.

Según Villanueva (2012), la cubicación de leña se da mediante el cálculo del volumen de madera, el cual varía ligeramente con las dimensiones y bastante con la forma de apilado; por esta razón, se suelen establecer normas específicas sobre dimensiones y métodos de apilado. Otros factores importantes son las irregularidades de las trozas, la variabilidad de los diámetros y el espesor de la corteza. Para determinar el volumen de leña, la unidad más utilizada es el metro cúbico estéreo. En términos generales, este método se basa en las tres dimensiones de la pila de leña: largo, ancho y altura ($v= A*L*H*Coef$) en metros cúbicos, el Coef en ramas es 0.500.

Abordando un tema relacionado a las ramas, Tango (2009) estudió las propiedades físicas de las ramas la Carahuasca (*Guatteria hyposericea*) determinando que presentan un contenido de humedad de 66.24% con densidad saturada de 0.97 gr/cm^3 , densidad básica de 0.59 gr/cm^3 , densidad anhidra de 0.64 gr/cm^3 , lo que indica que *Guatteria hyposeriacea*, que es una especie

donde la utilidad de la rama es favorable para introducir a la industria forestal siendo de utilidad para la elaboración de mueblería, cajonería, encofrados y mango de herramientas.

En la provincia de Pinar del Río - Cuba, se realizó la evaluación de las ramas y el follaje de las copas de los árboles. Con el objetivo de estimar la biomasa de la copa se realizó un estudio en bosques naturales de *Pinus caribaea var. caribaea* pertenecientes a la Empresa Forestal Integral La Palma de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Se tomaron 169 árboles a los cuales se les midió el diámetro a 1.3 metros sobre el nivel del suelo (diámetro normal) y su longitud total, luego fueron talados, desramados y desfoliados, procediéndose al pesaje por separado (Vidal y Benítez, 2004).

En un estudio se determinó tanto la biomasa foliar como de las ramas de cada árbol. Para la recopilación de la información se utilizó un muestreo completamente aleatorio por clases diamétricas, por tanto, mediante la función de análisis de regresión se obtuvieron para el peso de la biomasa foliar y peso de ramas de copas verdes ecuaciones de regresión, las que se muestran en la tabla 4 (Vidal y Benítez, 2004).

Tabla 4

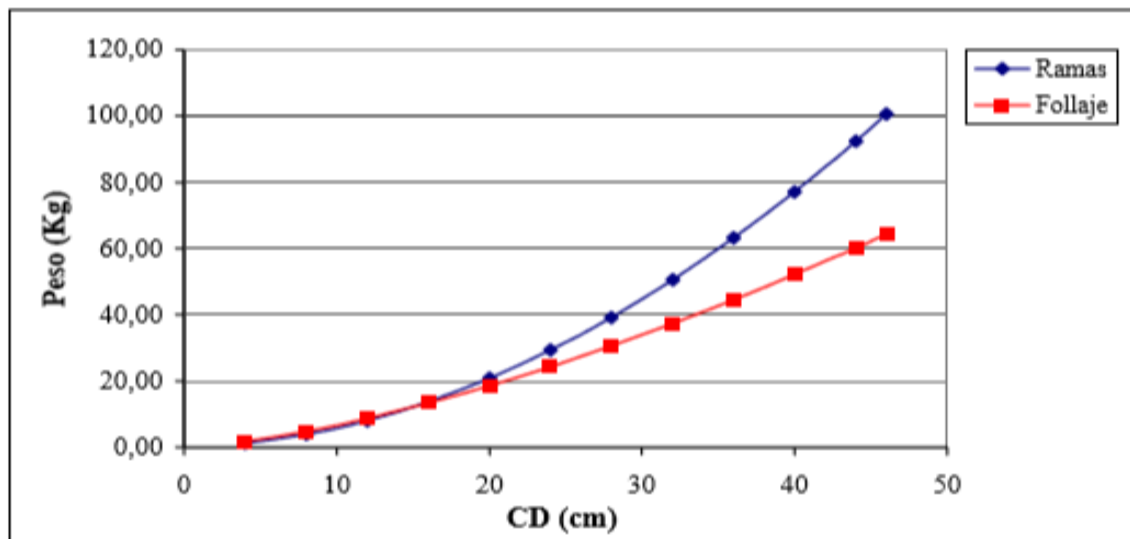
Análisis de regresión de los pesos de la biomasa

MODELOS	R	R2	S	DG	FACTOR C
$\log P.F = 0.6886 + 1.5009 \cdot \log + c$	0.9516	0.9055	0.1029	6.2	0.150178
$\log P.F = - 1.1686 + 1.9066 \cdot \log + c$	0.9463	0.8954	0.1383	5.3	0.20603

En la figura 1, se puede observar el comportamiento del peso de la biomasa foliar y de las ramas aumentando proporcionalmente al diámetro normal de los árboles.

Figura 1

Relación entre el diámetro de los árboles y la biomasa de ramas y follaje



2.1.1. Características de organolépticas *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

Taxonomía

- Familia: Mimosaceae
- Género: *Cedrelinga*
- Especie: *cateniformis* (Ducke) Ducke

Distribución geográfica

De acuerdo a los reportes bibliográficos *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) se encuentra distribuida naturalmente en la Amazonía peruana, brasileña, colombiana (Maruyama y López, citado por Vidaurre, 1997), ecuatoriana (Boese, citado por Vidaurre, 1997) y en Surinam (Aus der Beek y Marmillod, citado por Vidaurre, 1997).

Fenología

Para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, la floración ocurre entre agosto y diciembre, siendo más frecuente en octubre, a principios de la época lluviosa. Los frutos son lomentos largos e indehiscentes que maduran en 2-3 meses. La caída de los frutos tiene lugar entre enero y abril, pero es más frecuente en febrero, durante la época lluviosa (Flores, 1997).

En la Amazonía sur del Perú, se ha observado que la producción de semilla no siempre es anual. Existen años en que algunos árboles, en ciertas localidades no producen frutos, en otros años no ha sido posible encontrar semillas en esta región (Vidaurre, 1997).

2.2. Fundamento Teórico

La estimación de biomasa o de componentes de la biomasa de plantas se puede realizar por métodos directos e indirectos. Dentro del primero tenemos los destructivos, que consisten en medir las dimensiones básicas de un árbol, cortarlo y determinar la biomasa a través del peso directo de cada uno de los componentes (raíces, fuste, ramas y follaje) (Araújo, Higuchi y Junior, 1999).

Dentro de los métodos indirectos se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica (Segura, 2005).

También se puede estimar la biomasa a través del volumen del fuste, utilizando la densidad básica para determinar el peso seco y un factor de expansión para determinar el peso seco total o biomasa total del árbol, o sea se puede recurrir a la determinación de ecuaciones o modelos basados en análisis

de regresión, que permitan estimar la biomasa total y la de sus componentes (fuste, ramas, ramitas, hojas flores y frutos), utilizando variables independientes de fácil medición como el diámetro normal, la altura total, altura de la copa, el diámetro de la copa, el área basal y en crecimiento diamétrico (Araújo et al., 1999).

La estimación de la biomasa se puede realizar utilizando diferentes tipos de modelos de regresión y combinación de variables. En general, y así se demuestra en muchas investigaciones, el diámetro normal es la variable que mejor correlaciona y predice la biomasa. Además, el diámetro normal es una variable fácil de medir y que se registra en la mayoría de los inventarios forestales.

2.2.1. Algunos residuos forestales y madereros en la alimentación del ganado

Según González (1999), los árboles y sus residuos naturales (follaje, hojas, ramas, tallos cortezas) así como los subproductos que genera su aprovechamiento industrial (virutas, serrines, líquidos de la industria de pasta y papeleras, etc.), han sido y son una fuente de alimentos para los animales, sobre todo en épocas de escasez de hierba. El valor nutritivo de los primeros varía mucho con la especie, la edad y condiciones de crecimiento y usufructo; en los segundos, hay que tener en cuenta, además, las tecnologías en uso. En general depende de la proporción de materiales ligno-celulósicos y de la presencia o no de sustancias antinutritivas naturales (taninos, polifenoles, etc.) o añadidas en el proceso industrial, aunque son necesarios más estudios de laboratorio (composición química y químico-bromatológica) y pruebas con animales para

determinar su valor nutritivo (ingestibilidad, digestibilidad y utilización metabólica) y encaje en las raciones, así como los efectos sobre dicho valor de los diversos tratamientos, físicos, químicos y biológicos a que pueden someterse.

En España el ramoneo de los olivos y el suministro de las hojas y ramilla de las podas, constituyen prácticas muy antiguas y extendidas en los olivares adehesados de Andalucía, prácticas que se siguen realizando porque ejercen, además, efectos beneficiosos sobre el olivar al actuar como “herbicida biológico”, y eliminar parte del ramón para evitar, así, la reproducción del “barrenillo” (*Phloeotribus scarabaeoides*) y con ello los graves daños que esta plaga ocasiona.

Boza y Guerrero (1999). Que analizaron la composición y el valor alimenticio para el ganado cabrío de las hojas y ramón de olivo y del ramón de encina, proponen la sustitución del llamado “escamujado” (separación de las ramas finas o ramón, de los troncos gruesos o leña) para su quema o enterramiento, por el citado uso en la alimentación, bien separando las hojas y los tallos con la posterior trituración de éstos, para uso directo, bien mediante ensilado.

2.2.2. Relación del DAP con las alturas

La relación entre el diámetro y la altura de un árbol da como resultado una curva que representa el perfil del árbol, la misma que presenta un tipo de forma (Toledo, 2011).

Por su lado, Burneo (1975) indica que, analizados los datos de 3578 árboles distribuidos en 6 parcelas en Polonia, encontró que la relación entre la

altura y el diámetro se ajustan a una parábola, es suficiente para construir una curva de altura y con este número de árboles el error es de 1%.

Lojan (2005), menciona que, se ha encontrado una relación entre la altura y el diámetro de los árboles de un bosque y que es de tipo parabólico y se ajustan de la siguiente fórmula:

$$Y = a + bx + cx^2 \quad (5)$$

$$Y = a + bD + cd^2 \quad (6)$$

En donde:

$Y = L$ = altura (variable dependiente).

$x = D$ = diámetro (variable independiente).

$x^2 = D^2$ = diámetro al cuadrado (variable independiente).

a, b, c = constantes.

2.2.3. Estudio de la Relación del DAP con el diámetro de copa en un bosque húmedo subtropical

Malleus (2005) halló la relación entre el diámetro de copa de los árboles, con sus respectivos diámetros a la altura del pecho, con el objetivo de facilitar el uso más eficiente de la fotografía aérea en la cubicación de masas forestales.

Observó y midió estos parámetros en 82 árboles de un bosque húmedo subtropical y encontró, luego del correspondiente análisis, que la regresión cuadrática tiene una ligera ventaja sobre la fórmula de la regresión lineal simple, concluyéndose que existe una relación directa entre los parámetros mencionados, sus resultados son presentados en la tabla 5 y la tendencia en la figura 2.

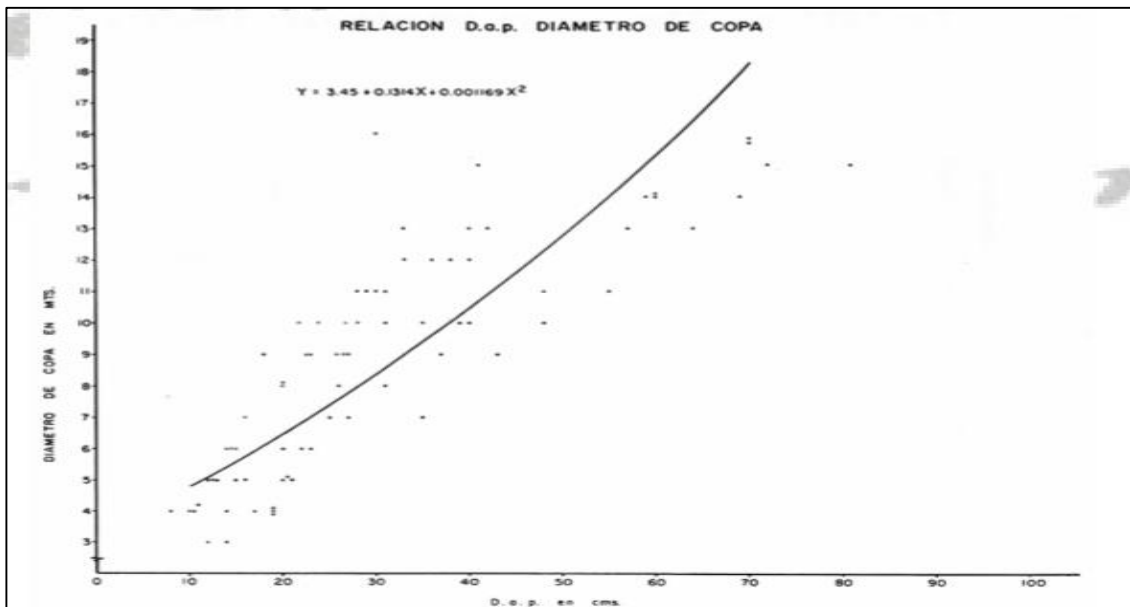
Tabla 5

Relación entre Dap y diámetro de copa en bosques tropicales

FUENTE DE VARIABILIDAD	G.L.	S.C.	C.M.
Regresión	1	620	620
Error	4	1293	9.21
Total	15	749	

Figura 2

Análisis de varianza para regresión cuadrática de la relación del DAP con el diámetro de copa en un bosque húmedo subtropical



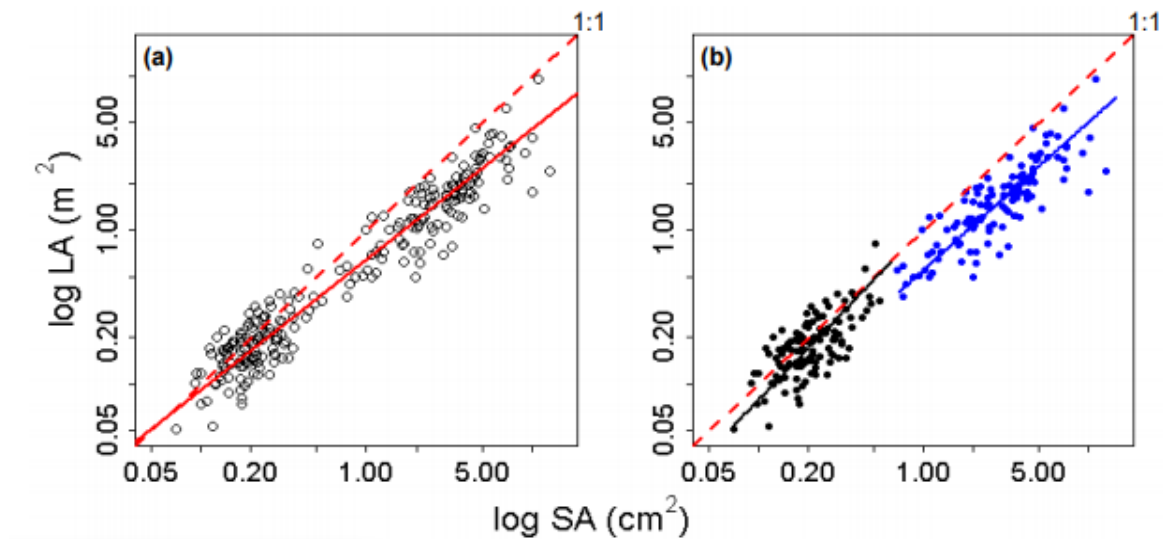
2.2.4. Relación general del área foliar y el área activa del xilema

Maniguaje (2016), encontró que el área foliar y el área activa del xilema fueron positivamente relacionados, para el conjunto de datos de todas las especies, tanto a nivel de rama, a partir de toda la planta. Para el conjunto de datos, la regresión SMA mostró una pendiente fuerte y significativa ($\log = 0.64$

+ 0.85 log, $R^2 = 0.93$, $P < 0.01$) con una elevación ligeramente menor que la unidad ($P < 0.01$) evidenciándolo en la Figura 3.

Figura 3

Relación entre el área foliar y el área activa del xilema



Se concluyó que los individuos juveniles de los bosques tropicales tienen una relación isométrica entre área foliar y el área activa de la xilema para las medidas de toda la planta y la rama. A pesar de que, detectamos algunos patrones de cambio en la relación del área foliar por el área activa del xilema, que es mayor para las medidas realizadas en las ramas, con tendencia a disminuir con aumento de la altura de los árboles y la proximidad al nivel freático.

2.2.5. Tecnología Field Map, Características generales y descripción del sistema

Field-Map es un sistema para colección de datos de campo con énfasis primario en los bosques, que está compuesto por un dendrómetro laser Trupuls 360, trípode y el computador de procesamiento, es un sistema altamente flexible. Su uso comienza desde el nivel de la medición de un árbol singular, a

través del nivel de parcela de inventario o investigación, hasta el nivel de paisaje. Field-Map ha sido diseñado principalmente para propósitos de inventario forestal, pero tiene funcionalidad para numerosas tareas de colección de datos de campo como por ejemplo digitalización forestal, caracterización de compartimentos forestales para la planeación del manejo forestal, monitoreo de reservas de carbono, digitalización del paisaje, cubicación de bosque en pie, medición de parcelas de investigación, inventario y monitoreo de reservas naturales, etc. Field-Map combina software SIG en tiempo real con equipos electrónicos para digitalización cartográfica y mediciones dendrométricas. (IFER, 2009). En la figura 3 se puede observar los componentes del sistema Field Map.

Figura 4

Componentes de hardware típico del Field Map: brújula electrónica (1), telescopio (2), láser rangefinder (distanciómetro) e inclinómetro electrónico (3), computadora de campo (4), marco o armazón de la computadora (5) y trípode (6).



2.3. Definición de Términos Básicos

- **DAP:** Es la medición del diámetro del fuste (con corteza) a 1.30 m del suelo.
- **Población:** Se define como un indicio más o menos subjetivo del número de árboles, comparado con el número de ellos que produce los mejores resultados.
- **Altura comercial:** La altura comercial de un árbol se define como la longitud del fuste que puede ser aprovechado comercialmente entre el tocón y un diámetro mínimo aprovechable (Gutierrez, Moreno y Villota, 2013).
- **El volumen comercial:** No incluye las ramas, partes afectadas del individuo y segmentos delgados del fuste. Según, Fucaraccio y Staffieri (1999) el volumen ha sido y sigue siendo la forma de expresión de la cantidad de madera contenida en árboles y rodales más ampliamente utilizada a escala mundial. El volumen de madera contenido en un rodal puede considerarse como la suma de los volúmenes de los árboles en pie comprendidos en él.
- **Altura total:** La altura total de un árbol se define como la diferencia de nivel entre la base del árbol y el ápice (Gutierrez, Moreno y Villota, 2013).
- **Área basal:** Se entiende por área basal AB, el área por cualquier sección transversal del fuste del árbol. La que más se usa en dasometría es el

área calculada a base del DAP o sea el área que tiene el fuste en la sección transversal a 1,30 metros del suelo (Loayza, 1977).

- **Regresión:** Se define como la forma probable de las relaciones entre las variables, con esta prueba se predice y se estima el valor de una variable dada por otra variable (Daniel, 2004).
- **Correlación:** Se refiere a la medición de la intensidad de la relación de las variables (Daniel, 2004).
- **Bosque de colina baja:** Es la unidad de cobertura vegetal que involucra al bosque de desarrollo de dos tipos de geformas (colinas bajas y lomadas, en su conjunto se extiende en 23991362 ha que representa un 18.67% de la superficie nacional. (MINAN, 2015).
- **Parcela de corta (PC):** Se constituye en la unidad administrativa para la ejecución de las operaciones de aprovechamiento y silvicultura autorizadas en Plan Operativo (SERFOR, 2006).

CAPÍTULO III

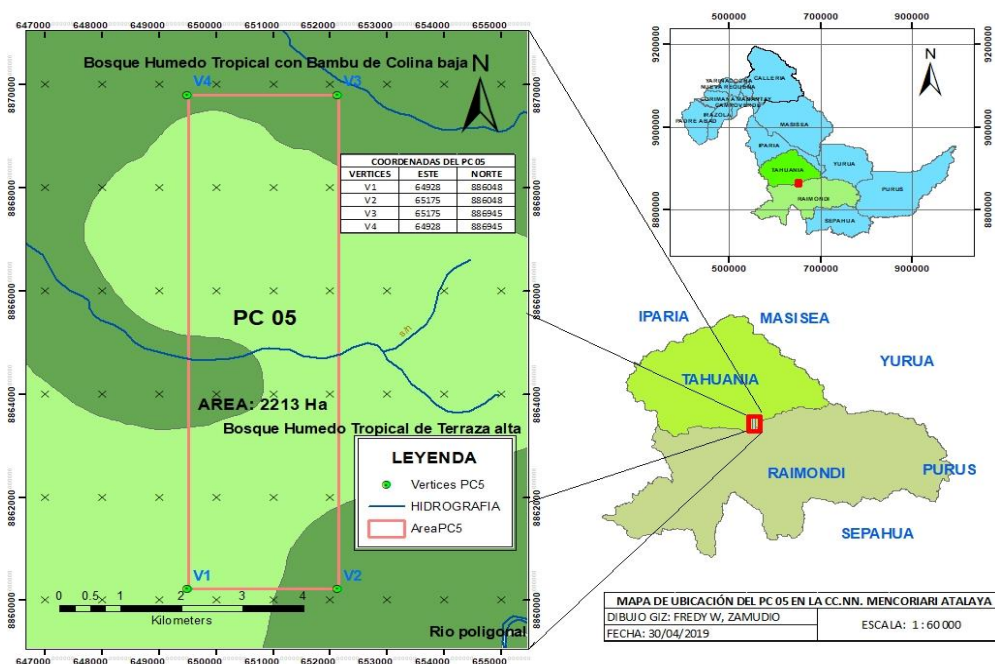
METODOLOGÍA

3.1. Localización del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Comunidad Nativa Mencoriari que cuenta con un Plan General de Manejo Forestal con Contrato N° 25/ATA/P-MAD-A-010-08 y la autorización No R.D N° 008-2017-GRU-GR-GGR-ARAU-GRRNGMA-SODA. Está ubicada a 60 km desde orillas del río Ucayali, margen derecho, quebrada Checopiari distrito de Raimondi, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali, en bosques intervenidos de colina, como está indicado en la figura.

Figura 5

Localización del área de estudio, Mapas de ubicación del pc 05 en la CC.NN Mencoriari Atalaya



3.2. Método de Investigación

El tipo de investigación fue cuantitativa y el método aplicado fue el descriptivo correlacional, porque a través de la toma de datos en el campo se describió las características dasonométricas de los árboles de tornillo y se trató de ver la relación que existe entre el Dap y el área de copa con la cantidad de madera de ramas que pueden ser aprovechada.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La presente investigación se realizó en la parcela de aprovechamiento PC 05, que cuenta con un total de 889 árboles de la especie *Cedrelinga cateniformis* árboles de dimensiones comerciales, según el inventario de la empresa INVERSIONES FORESTALES N & S realizado en la comunidad nativa Mencoriari.

3.3.2. Muestra

La muestra se tomó en la parcela de aprovechamiento PC 5 forma de distribución aleatoria en toda el área de estudio hasta completar un número de 100 árboles de *Cedrelinga cateniformis*. El criterio de selección para incluir un individuo dentro de la muestra, fue que sea aprovechable y que tenga un diámetro mayor a 90 cm.

Bajo ese criterio, en la tabla 6 se presenta la distribución de la muestra por clases diamétricas:

Tabla 6***Clasificación de árboles incluidos en la muestra por clase diamétrica y cantidad de individuos***

Clases Diamétricas (cm)	Abundancia (n)
90-99.99	1
100-109.99	15
110-119.99	16
120-129.99	16
130-139.99	19
140-149.99	14
150-159.99	5
160-169.99	7
170-179.99	2
180-189.99	4
190- 199.99	0
200 – a más	1
Total	100

La distribución de la muestra según los individuos reportados en el censo forestal realizado se muestra en la tabla 7. Que cuenta con un total de 1106 árboles de la especie *Cedrelinga cateniformis* censado de las cuales 889 son aprovechables, en donde se evaluaron un total de 100 individuos. El proceso de evaluación se realizó siguiendo un esquema aleatorio empezando en la faja 50, árbol 3 llegando a ubicarlo con la ayuda de un GPS que contenía toda la información del inventario forestal realizado, encontrándolo correctamente señalado.

Tabla 7

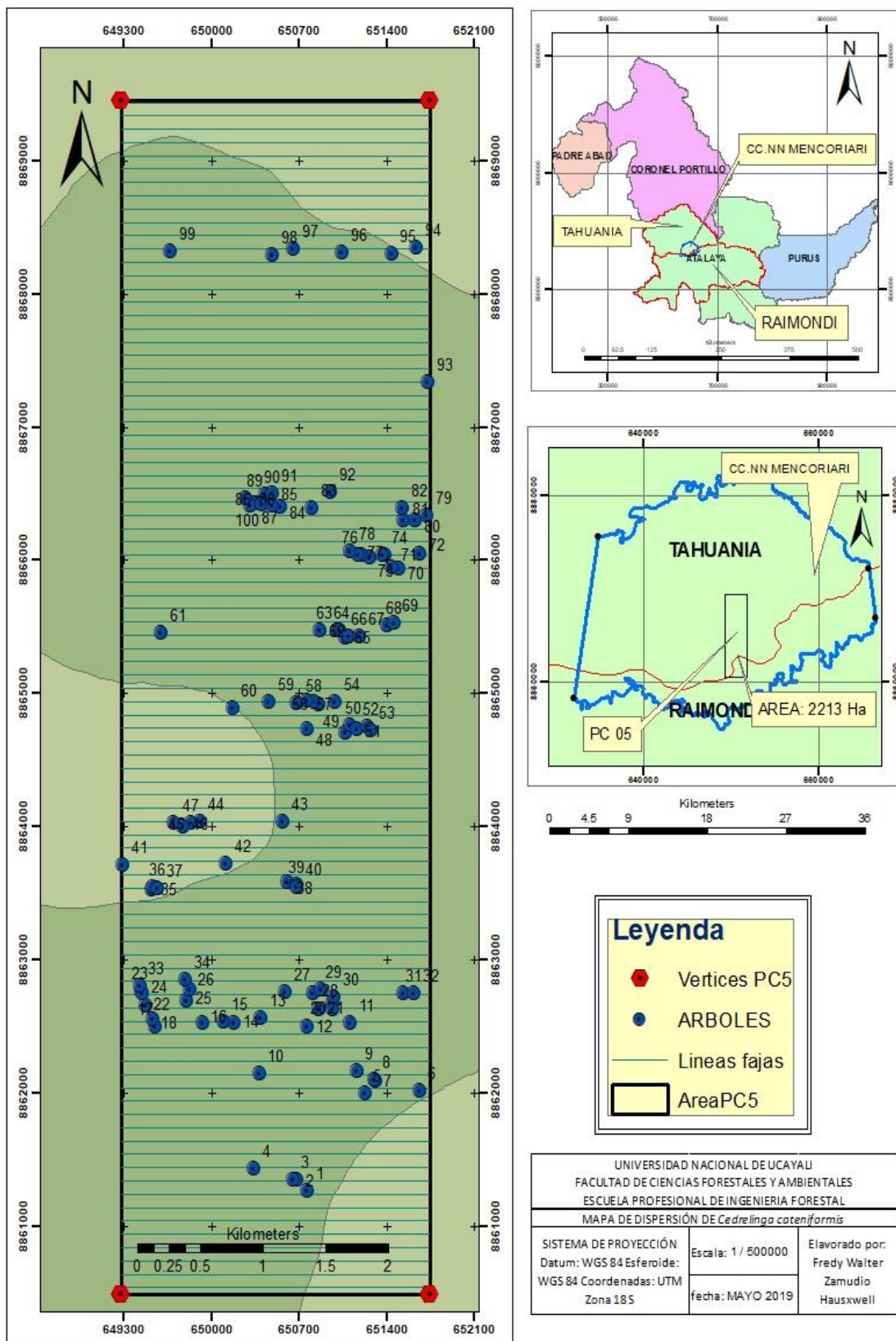
Distribución de individuos de la especie Cedrelinga cateniformis del total y número de muestra tomadas

Clase diamétricas			N° Árboles	
Inferior	Superior	Marca de clase	Muestra	PC
60	69.9	65		38
70	79.9	75		47
80	89.9	85		74
90	99.9	95	1	127
100	109.9	105	15	131
110	119.9	115	16	158
120	129.9	125	16	150
130	139.9	135	19	136
140	149.9	145	14	90
150	159.9	155	5	64
160	169.9	165	7	34
170	179.9	175	2	24
180	189.9	185	4	16
190	199.9	195	0	10
200	209.9	205	1	7
	Total		100	1106

Los árboles muestreados se distribuyeron por toda la parcela como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 6

Mapas de dispersión de los árboles incluidos en la muestra



3.4. Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos

3.4.1. Técnicas

Teniendo en cuenta que el trabajo se desarrolló en el campo, la técnica utilizada fue la de observación directa en el campo, porque tuvimos que desplazarnos hasta los lugares donde se encontraban los árboles en pie, medir sus características dasonómicas en pie y luego de ser talados se tuvo que seleccionar las ramas que tenían 30 cm de diámetro o más, seleccionarlos y medir sus diámetros o circunferencias y sus longitudes.

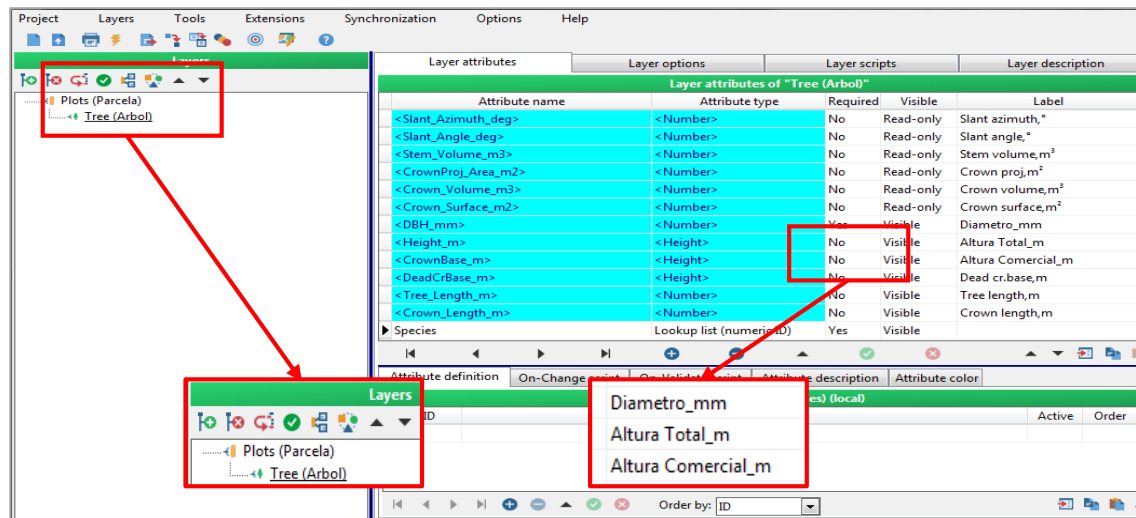
3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron el cuestionario, que contenía las características dasonómicas de los árboles que se incluyeron en la muestra, así como las dimensiones a medir en las ramas de los árboles. Así mismo se utilizó una cámara fotográfica para evidenciar el trabajo de campo.

Para la elaboración del cuestionario se utilizó el programa Field Map Project Manager, con el cual se creó una base de datos consistente en un esquema de capas, donde cada capa contiene entidades y asigna atributos alfanuméricos. Dentro del nuevo proyecto se creó la capa Tree (árbol) y automáticamente también las variables (diámetro, altura total y comercial) necesarias para el presente trabajo, luego se añadió otras variables como especie, nombre científico, calidad y sanidad, como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Esquema de base de datos construida utilizando el programa Field Map Project



Los detalles del formato se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8

Campos de la base de datos construida en Field Map

N°	ESPECIE	ALTURA TOTAL (HT)	ALTURA COMERCIAL (HC)	DIÁMETRO EN LA BASE DE CORTE (D.B.C)	DIÁMETRO DE RAMA (D. Rama)	ALTURA DE RAMA (H.A)	DIÁMETRO DE COPA (DC)

En el trabajo de campo se utilizaron los siguientes instrumentos:

- GPS
- Pilas
- Libreta de campo
- Cinta diamétrica
- Wincha
- Pintura
- Pincel
- Machete

- Motor generador
- Tecnología Field Map
- Trupulse 360
- Placas de aluminio
- Cámara digital
- Batería CR123A

En la fase de gabinete también se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Formato de evaluación
- GPS
- Libreta de apuntes
- Laptop
- Programa ArcGIS 10.1

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

Antes de hacer la toma de datos se realizó el correcto uso del funcionamiento del equipo donde se procedió a la integración, verificación y calibración de los equipos de medición, primero se calibró el equipo trupulse 360R, que consiste en encender el equipo entra al comando de menú, ingresar a la opción calibrar y realizar los movimiento que sugiere el equipo, luego se acopla el trupulse 360R al trípode verificó que los aparatos de medición estén integrados o acoplados en el trípode con el trupulse 360R, seguido a ello se sincronizo por medio del bluetooth al Getac (computadora de campo) y el trupulse 360R.

Una vez instalado en el campamento base de la concesión forestal donde se realizó el trabajo, nos dirigimos a la PC N° 5 donde se procedió a realizar la evaluación de los árboles.

Una vez localizado el primer espécimen de *Cedrelinga cateniformis* (tornillo) se procedió a georreferenciarlo con la ayuda de un GPS y luego

corroborar en la base de datos del censo forestal de la empresa, si ese árbol se encontraba dentro de la parcela de corta 5.

Si fue así, se procedió a instalar el equipo de medición, como el que se muestra en la figura 8.

Figura 8

Características del equipo Field Map utilizado en la toma de datos de campo y tomar las medidas necesarias para el desarrollo del trabajo



Realizado el estacionamiento del equipo, se procedió a la medición de las variables dasométricas como son el diámetro a la altura del pecho, diámetro aprovechable, altura total, altura comercial, estado fitosanitario. Esta misma evaluación se realizó a los 100 árboles que llegaron a formar la muestra. El procedimiento seguido en cada caso fue el siguiente:

Se colocó las placas reflectivas en cada árbol a una altura de 1.30 m con el trupulse 360° se midió la altura total del árbol y de los diámetros, las cuales fueron colectados en la ficha de evaluación tabla N° 5. Estas dimensiones de midieron de la siguiente manera:

- Altura total (HT): medido con trupulse 360°, la altura total del árbol estuvo comprendida desde el suelo hasta el extremo superior de la copa (ápice).
- Altura comercial (HC): medido con trupulse 360°, y comprendida desde del suelo hasta el inicio de la primera rama del árbol.
- Diámetro en la base de corte (DBC): Medición en la base donde se realiza el corte ya sea fuste o rama.
- Diámetro de copas (DC): medida de los bordes del extremo de la copa en forma de cruz, el cual servirá para dar diseño a la forma de copa del árbol.

Para mayor comprensión se presenta la figura 9 y figura 10:

Figura 9

Procedimiento de medida de alturas y diámetros

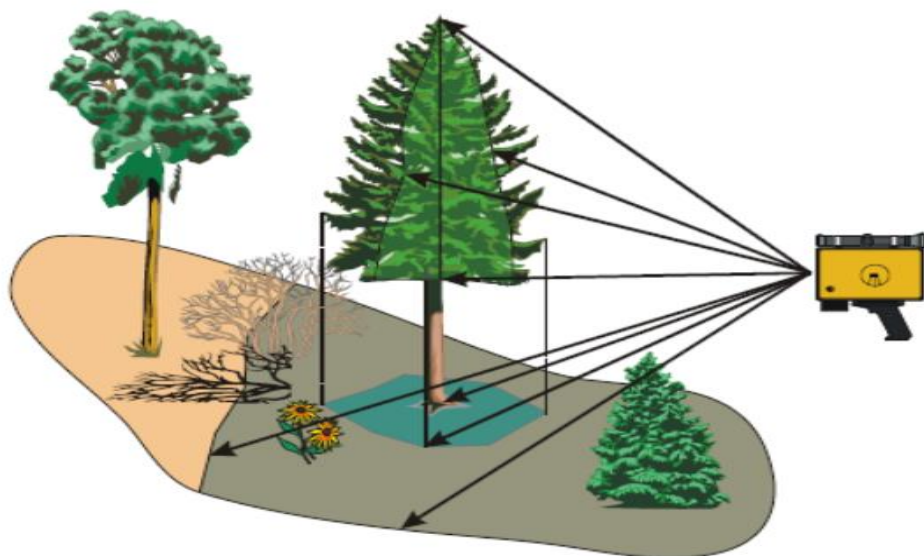
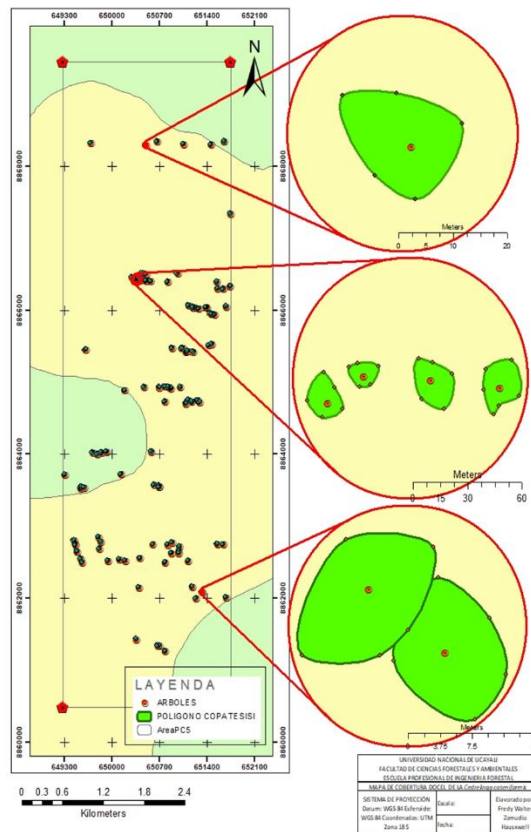


Figura 10

Procedimiento de medida del diámetro de copa

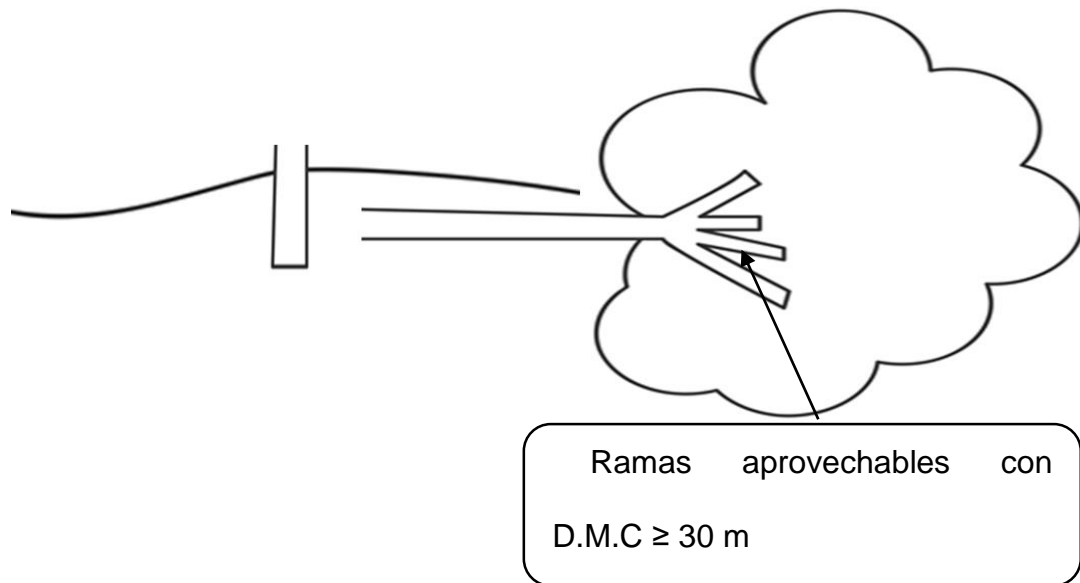


Una vez registrado estas variables iniciales, importantes para la investigación, se procedió a talar el árbol utilizando las técnicas de tala dirigida

Luego de talado el árbol, se procedió a seleccionar las ramas que cumplían con el criterio de ser aprovechables, que en este caso es que sean mayores a 30 cm de diámetro o 95 cm de circunferencia. En caso de cumplir con el criterio de selección se procedió a medir la longitud, la circunferencia mayor y la circunferencia menor del tramo de rama aprovechable, dimensiones que sirvieron para determinar el volumen de rama aprovechable. Estas dimensiones se realizaron utilizando una cinta métrica y una cinta diamétrica (Figura 11).

Figura 11

Procedimiento de medición de ramas



3.6. Tratamientos de Datos

Para el procesamiento de los datos, como ya se mencionó, se confeccionó una base de datos en el programa Field Map Project Manager, el cual crea entidades y asigna atributos alfanuméricos. Este proyecto se desarrolló con un formato Paradox. Los campos que se crearon en el programa fueron nombre científico de la especie, altura total del árbol, altura comercial, diámetro a la altura del pecho (Dap), diámetro comercial, del fuste, diámetro mayor de la rama aprovechable, diámetro menor y longitud de rama. Con estos datos y utilizando el mismo programa se realizaron los siguientes cálculos:

3.6.1. Cálculo del volumen del fuste

La determinación del volumen del árbol se realizó con el software Stem Analyst (análisis de fuste) de Field Map, Este software utiliza la expresión

matemática de función de perfil propuesta por Riemer *et al.* (1995), para determinar el volumen en función del perfil del fuste. Los cálculos de volumen se realizaron por cada individuo.

Los volúmenes totales se calcularon desde el suelo hasta el 100% de su altura total de cada árbol, los volúmenes comerciales se calcularán desde 0.30 m de altura sobre el suelo, hasta la altura de inicio de la primera rama del árbol. Para el cálculo del volumen el programa usa la siguiente fórmula:

$$d_h = 2 \left(\frac{i}{1 - e^{q(1.3-H)}} + \left(\frac{d_{1.3}}{2} - i \right) \left(1 - \frac{1}{1 - e^{p(1.3-H)}} \right) + \frac{\left(\frac{d_{1.3}}{2} - i \right) e^{1.3p}}{1 - e^{p(1.3-H)}} e^{-ph} - \frac{ie^{-qH}}{1 - e^{q(1.3-H)}} e^{qh} \right)$$

Donde:

- d: Diámetro normal.
- h: Altura total.
- di: Diámetro que se alcanza a la altura hi.
- e: Base de logaritmos neperianos $\approx 2,71828$.
- i, p, q : Constante algebraica. También se utiliza como la pendiente de la recta de regresión.
- i: Asíntota común de la parte inferior y superior del tallo.
- q: Parámetro que caracteriza la parte superior del tallo.
- p: Parámetro que caracteriza la parte inferior del tallo.

3.6.2. Cálculo del volumen de las ramas

La determinación del volumen de las ramas se realizó con el software Excel. Este software utiliza la expresión matemática de función de perfil propuesta por Smalian, para determinar el volumen en función del perfil de las

ramas. Los cálculos de volumen se realizaron de las ramas aprovechables de cada individuo utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{\pi}{4} * \frac{(d1+d2)^2}{2} * L$$

v = volumen de la rama (m^3)

$d1$ = diámetro menor (m.)

$d2$ = diámetro mayor (m.)

L = longitud (m.)

3.6.3. Cálculo del área de la copa

La determinación del área de la copa se realizó, calculando el promedio del diámetro mayor y diámetro menor y aplicando la fórmula para determinar el área de un círculo.

3.6.4. Técnicas de análisis

Se calculó los principales estadísticos como media, mediana, moda, rango, desviación estándar, entre otros, tanto del DAP como del área de copa y del volumen de las ramas aprovechables, para lo cual se utilizó el programa de hoja de cálculo Excel.

Para determinar la relación entre el Dap y el área de la copa se realizaron análisis de regresión lineal, logarítmica, inversa, cuadrática, cúbica, potencia, compuesta, S, logística, crecimiento y exponencial y de acuerdo al valor del coeficiente de correlación y grado de significancia se eligieron aquellos regresiones que mejor predigan la relación entre el Dap, área de copa y el volumen de las ramas aprovechables de *Cedrelinga cateniformis*.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos en campo de las variables dendrométricas, volumen de ramas aprovechables y área de copas de árbol

En la tabla 9, se muestra las características dendrométricas, área de copa, volumen de ramas por árbol y porcentaje del volumen del fuste que representan las ramas del total de individuos evaluados en la PC 5 de la comunidad nativa Mencoriari.

Tabla 9
Diámetro a la altura del pecho (DAP) Volumen del fuste, área de copa y volumen comercial de las ramas de 100 individuos de la especie Cedrelinga cateniformis, comunidad

N°	Faja	N°_árbol	Dap_censo_cm	Dap_Aprovechable_cm	Área_basal_m ²	Volumen_comercial_m ³	Área_copa_m ²	Volumen_ramas_m ³	Volumen_ramas_m ³ _en_Relacion_Volumen_Fuste_m ³ _%
1	8	36	150.00	220.00	3.80	39.21	200.59	1.499	3.82
2	9	16	100.00	110.00	0.95	13.83	164.59	1.084	7.84
3	9	17	138.5	120.00	1.13	16.83	151.28	1.011	6.01
4	10	26	130.00	132.00	1.37	22.96	203.50	2.312	10.07
5	16	40	147.7	158.00	1.96	27.06	186.20	1.262	4.66
6	16	46	100.00	110.00	0.95	11.77	271.26	0.715	6.08
7	17	7	104.6	100.00	0.79	11.55	149.04	0.672	5.82
8	17	8	145.6	140.00	1.54	21.51	175.61	0.625	2.91
9	17	13	159.3	150.00	1.77	22.65	240.74	0.957	4.23
10	17	28	135.7	100.00	0.79	17.23	139.60	0.607	3.52
11	21	11	104.5	93.00	0.68	9.49	217.53	0.149	1.57
12	21	17	101.5	90.00	0.64	8.79	166.70	0.37	4.21
13	21	25	141.2	140.00	1.54	19.82	163.89	0.905	4.57
14	21	29	108.6	96.00	0.72	9.77	121.67	1.179	12.07
15	21	30	180.5	165.00	2.14	21.27	191.14	0.829	3.90
16	21	31	171.4	148.00	1.72	30.04	287.77	0.742	2.47
17	21	38	140.00	154.00	1.86	22.82	198.31	0.349	1.53
18	21	39	160.6	145.00	1.65	24.10	281.76	1.853	7.69
19	22	13	136.6	130.00	1.33	23.13	140.49	0.597	2.58
20	22	14	106.1	95.00	0.71	11.41	207.46	1.391	12.19
21	22	16	162.1	160.00	2.01	34.22	265.17	1.105	3.23

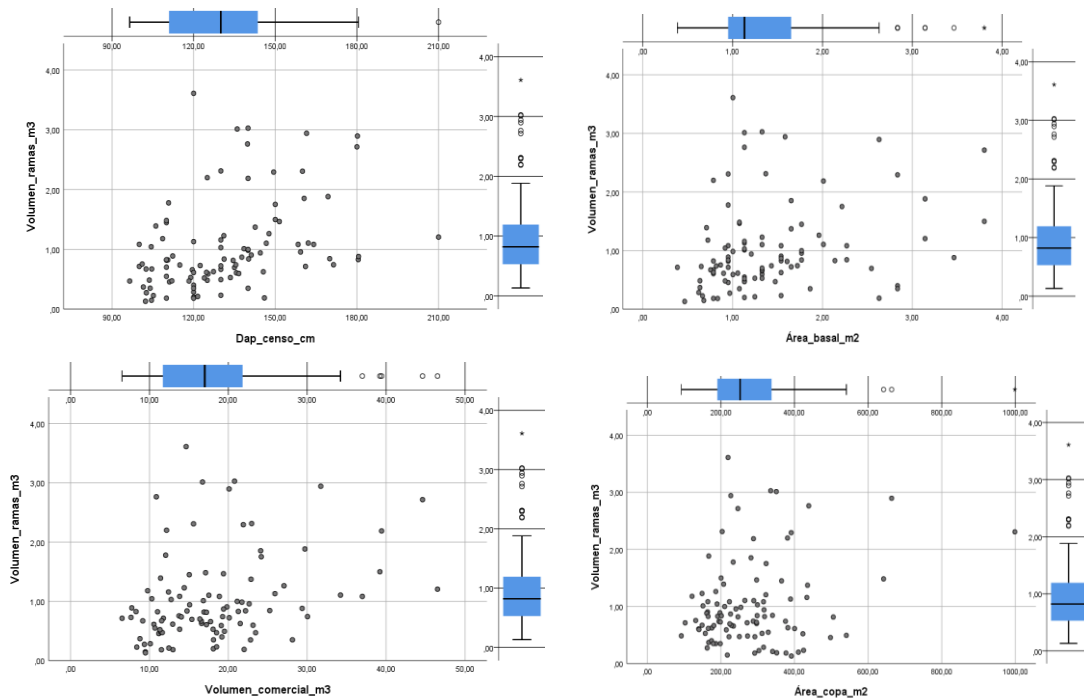
22	22	45	140.00	160.00	2.01	39.43	288.55	2.187	5.55
23	23	6	101.1	105.00	0.87	13.76	131.58	0.755	5.49
24	23	7	102.6	111.00	0.97	9.36	162.74	0.274	2.93
25	23	16	180.6	210.00	3.46	29.36	161.41	0.881	3.00
26	23	17	142.6	145.00	1.65	22.88	435.34	1.372	6.00
27	23	34	103.7	90.00	0.64	11.31	92.51	0.486	4.30
28	23	39	131.1	130.00	1.33	14.41	148.86	1.228	8.52
29	23	40	112.5	110.00	0.95	7.76	197.47	0.889	11.45
30	23	45	119.5	130.00	1.33	17.75	234.04	0.658	3.71
31	23	48	146.7	130.00	1.33	17.53	289.31	1.102	6.29
32	23	50	118.9	130.00	1.33	13.83	157.59	0.529	3.82
33	24	5	140.00	130.00	1.33	20.79	335.26	3.027	14.56
34	24	12	161.5	142.00	1.58	31.71	226.92	2.941	9.27
35	31	4	125.3	113.00	1.00	19.10	214.67	0.591	3.09
36	31	5	140.00	113.00	1.00	21.72	254.21	0.985	4.53
37	31	7	114.9	102.00	0.82	14.04	194.75	0.738	5.26
38	31	20	146.00	183.00	2.63	22.00	351.63	0.188	0.85
39	31	21	150.00	168.00	2.22	24.18	322.87	1.752	7.25
40	31	22	180.00	220.00	3.80	44.62	246.21	2.715	6.08
41	33	2	102.5	98.00	0.75	9.15	228.49	0.671	7.33
42	33	10	124.7	116.00	1.06	12.95	165.63	0.615	4.75
43	36	7	111.1	110.00	0.95	11.18	497.75	0.456	4.08
44	36	13	110.00	100.00	0.79	12.98	376.87	0.184	1.42
45	36	14	130.00	120.00	1.13	19.51	540.88	0.494	2.53
46	36	17	120.00	120.00	1.13	18.10	410.63	0.2	1.11
47	36	18	136.00	120.00	1.13	16.73	350.57	3.013	18.01
48	43	24	120.00	89.00	0.62	10.11	316.06	0.285	2.82
49	43	28	125.00	100.00	0.79	12.17	380.98	2.199	18.07
50	43	29	102.3	77.00	0.47	9.49	391.42	0.132	1.39
51	43	31	127.3	100.00	0.79	16.61	381.90	0.628	3.78
52	43	33	139.8	120.00	1.13	10.87	438.63	2.763	25.42
53	43	34	120.00	107.00	0.90	10.56	400.28	0.613	5.80
54	45	9	130.00	120.00	1.13	12.75	299.31	1.03	8.08
55	45	12	110.00	120.00	1.13	10.70	328.59	0.549	5.13
56	45	14	122.4	91.00	0.65	7.67	198.64	0.729	9.51
57	45	16	120.00	103.00	0.83	11.51	291.76	0.183	1.59
58	45	17	105.2	92.00	0.66	8.40	303.21	0.227	2.70
59	45	22	110.8	110.00	0.95	12.06	233.48	1.778	14.75
60	45	25	125.00	108.00	0.92	11.45	272.46	0.483	4.22
61	50	3	110.00	150.00	1.77	15.05	364.74	1.449	9.63
62	50	18	120.00	113.00	1.00	14.65	219.40	3.61	24.64
63	50	20	112.00	120.00	1.13	11.63	250.23	0.473	4.07
64	50	22	120.00	190.00	2.84	19.18	174.61	0.4	2.09
65	50	23	121.5	126.00	1.25	12.46	340.43	0.212	1.70
66	50	24	118.3	137.00	1.47	18.50	292.20	0.47	2.54
67	50	26	180.2	183.00	2.63	20.10	663.82	2.896	14.41
68	51	18	135.00	180.00	2.54	15.38	224.07	0.696	4.53
69	51	19	130.00	130.00	1.33	16.58	180.90	0.666	4.02

70	55	3	151.5	117.00	1.08	19.39	297.00	1.465	7.56
71	55	4	170.00	170.00	2.27	25.25	340.21	0.844	3.34
72	56	2	120.00	120.00	1.13	25.91	389.25	1.13	4.36
73	56	6	161.1	70.00	0.38	6.53	102.91	0.714	10.93
74	56	7	96.5	120.00	1.13	23.46	222.10	0.47	2.00
75	56	13	104.00	117.00	1.08	18.12	186.08	0.35	1.93
76	56	16	110.00	110.00	0.95	16.91	246.38	0.819	4.84
77	56	17	110.00	117.00	1.08	17.12	641.89	1.483	8.66
78	56	20	135.5	135.00	1.43	19.28	375.51	0.741	3.84
79	59	2	149.4	190.00	2.84	21.90	391.09	2.293	10.47
80	59	5	134.5	143.00	1.61	17.23	505.36	0.815	4.73
81	59	8	120.00	190.00	2.84	28.13	179.47	0.35	1.24
82	60	4	110.5	100.00	0.79	11.03	318.66	0.823	7.46
83	60	11	104.4	108.00	0.92	10.30	189.63	1.044	10.13
84	60	13	158.4	140.00	1.54	18.86	315.77	1.083	5.74
85	60	17	133.5	126.00	1.25	18.07	311.76	0.529	2.93
86	60	21	130.00	140.00	1.54	18.52	424.60	0.232	1.25
87	60	22	110.00	140.00	1.54	8.30	165.51	0.826	9.95
88	60	23	144.5	124.00	1.21	15.09	317.19	0.941	6.23
89	60	25	140.00	150.00	1.77	21.13	210.22	0.999	4.73
90	61	23	160.00	110.00	0.95	15.59	998.56	2.307	14.80
91	61	25	131.2	110.00	0.95	14.76	201.44	0.837	5.67
92	61	32	130.00	120.00	1.13	12.41	433.45	1.158	9.33
93	69	45	137.7	140.00	1.54	19.39	226.31	0.869	4.48
94	79	5	210.00	200.00	3.14	46.52	322.16	1.205	2.59
95	79	10	169.4	200.00	3.14	29.71	166.96	1.883	6.34
96	79	23	164.1	170.00	2.27	36.99	223.25	1.083	2.93
97	79	30	110.00	130.00	1.33	16.39	296.99	0.701	4.28
98	79	40	130.00	145.00	1.65	20.12	296.81	0.723	3.59
99	79	51	140.2	150.00	1.77	22.18	298.45	0.84	3.79
100	60	20	123.9	120.00	1.13	11.33	422.71	0.522	4.61

En la figura 12, se puede observar la dispersión de puntos del volumen aprovechable de las ramas en relación al Dap, área basal, volumen comercial, área de copa.

Figura 12

Dispersión de puntos del volumen aprovechable de las ramas en relación al Dap, área basal, volumen comercial, área de copa



En estas figuras se puede determinar cierto ordenamiento en la figura que representa la dispersión de puntos del Dap en relación al volumen de las ramas, en las otras figuras se puede observar un mayor grado de dispersión.

La tabla 10, muestra los estadísticos de las variables estudiadas, así mismo la figura 13 muestra la relación entre el volumen de las ramas aprovechables y el volumen del fuste.

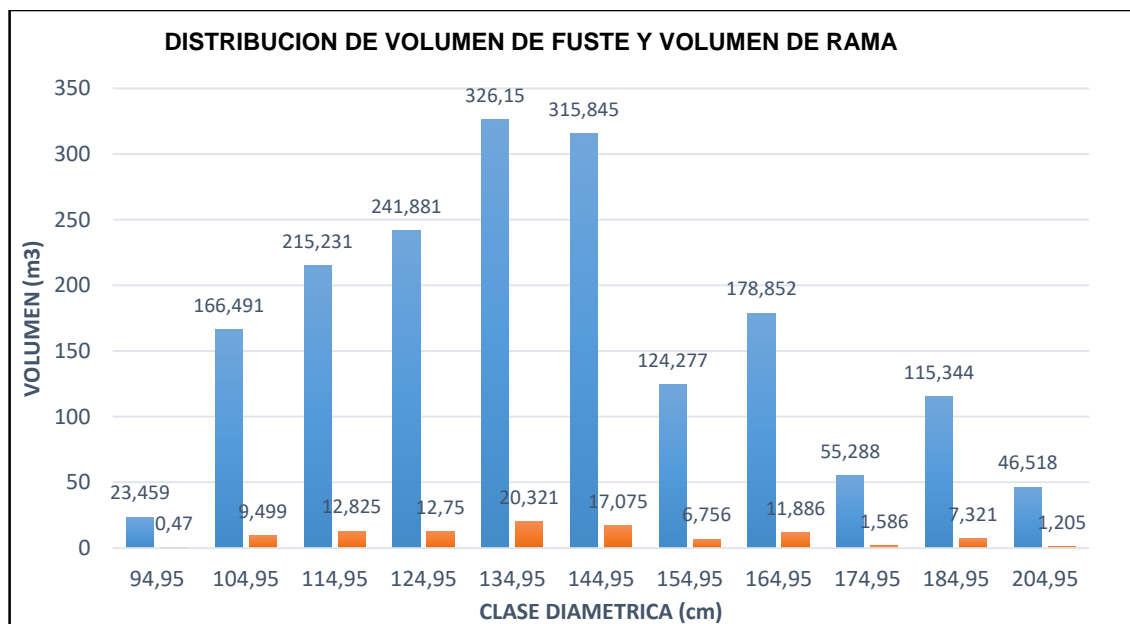
Tabla 10

Estadísticos de las variables en estudio

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Dap_censo_cm	100	96.50	210.00	131.2070	22.739
Dap_Aprovechable_cm	100	70.00	220.00	130.5000	31.523
Área_basal_m2	100	0.38	3.80	1.4148	0.722
Volumen_comercial_m3	100	6.53	46.52	18.0934	8.012
Área_copa_m2	100	92.51	998.56	281.0578	131.859
Volumen_ramas_m3	100	0.13	3.61	1.0169	0.744
Volumen_ramas_m3_en_Relacion_Vol_Com_m3_%	100	0.85	25.42	6.0778	4.605

Figura 13

Representación de los volúmenes de ramas aprovechables y volúmenes del fuste



En la figura 13, observamos que existe una gran diferencia entre el volumen de las ramas aprovechables y los volúmenes de los fustes, esto puede deberse a que solo se evaluó a las ramas que se consideró aprovechable, ya que debe contar con un diámetro mínimo de 30 cm para ser evaluado por consiguiente si desearíamos incrementar el volumen de ramas se tendría que disminuir el diámetro mínimo a considerar.

En la tabla 11, podemos observar que los diámetros a la altura del pecho toman valores entre 96.50 cm y 210 cm, así mismo los volúmenes comerciales varían entre 6.53 m³ y 46.52 m³, volúmenes muy superiores a los volúmenes comerciales de ramas cuyos valores están entre 0.13 y 3.61 m³, representando sólo entre 0.85 y 25.45 m³ del volumen de los fustes y en promedio sólo el 6.0778 por ciento del volumen del fuste.

Este porcentaje de volumen de las ramas con respecto al volumen del fuste es inferior al 17.8% de ramas gruesas reportado por (Hernández, 2001) y al 51.13% reportado por (Higuchi et al., 1998) como resultado del análisis de un banco de datos de biomasa del INPA, correspondiente a 315 árboles de Amazonía brasilera y cuyos resultados se presentan en la tabla 2 del presente trabajo.

La diferencia bastante grande reportada en el presente trabajo en relación a los trabajos mencionados en el párrafo precedente, se deben a que en el presente estudio solo se incluyeron las ramas gruesas que tengan un diámetro superior o igual a 30 cm, así como aquellos que tenían características de ser aprovechados, es decir que tengan tramos que permitan sacar piezas aserradas, es por estos motivos que muchas ramas que se consideran gruesas pero que tienen diámetro menor a 30 cm, así como aquellas ramas que presentaban mucha sinuosidad no fueron considerados a determinar el volumen de ramas aprovechables.

La figura 14 y la tabla 11 muestra la distribución de individuos de la especie *Cedrelinga cateniformis* en la PC 5 de la comunidad nativa Mencoriar y da a conocer la heterogeneidad de la especie en toda la parcela. Se logró evidenciar que la mayor proporción de individuos se encuentran en el promedio

de clase diamétrica de 134.95 cm con un total de 19 individuos y la menor cantidad en los promedios 94.95 y 204.95 llegando a tener un individuo cada uno como muestra en la figura.

Figura 14

Distribución del total de individuos por clase diamétrica de la especie Cedrelinga cateniformis en la PC 5

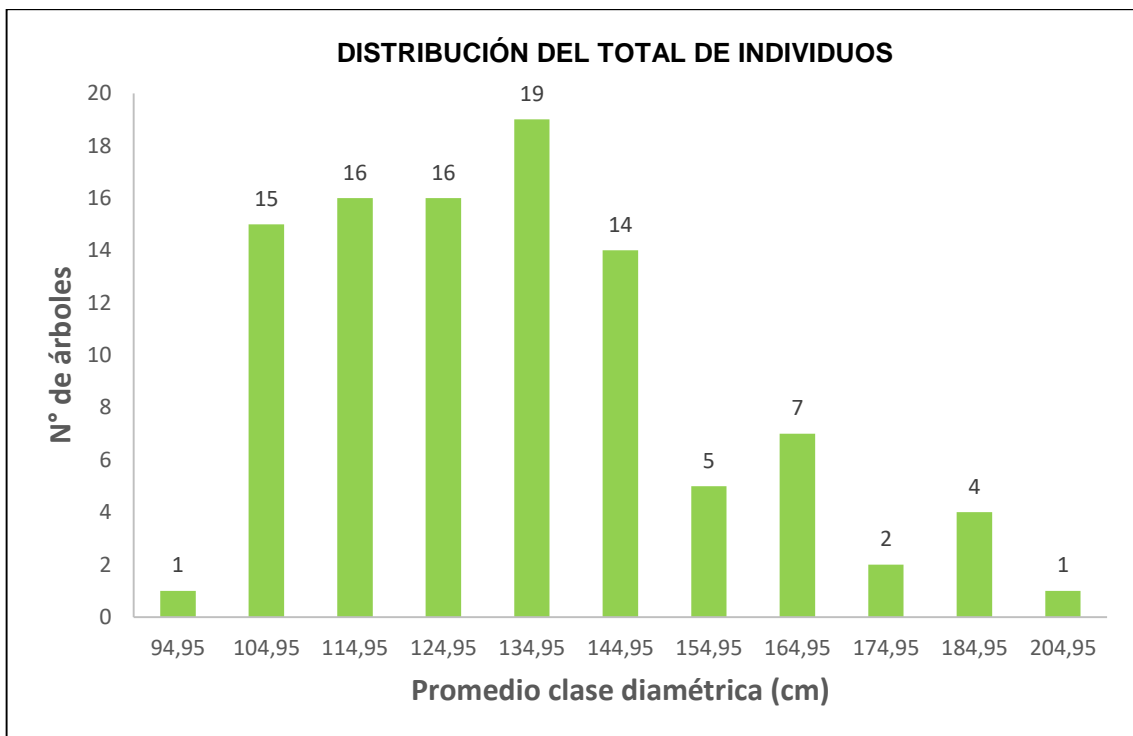


Tabla 11

Distribución del total de individuos por clase diamétrica de la especie Cedrelinga cateniformis en la PC 5

CLASES DIAMÉTRICAS			
INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO	TOTAL
90	99.9	94.95	1
100	109.9	104.95	15
110	119.9	114.95	16
120	129.9	124.95	16
130	139.9	134.95	19
140	149.9	144.95	14
150	159.9	154.95	5
160	169.9	164.95	7
170	179.9	174.95	2
180	189.9	184.95	4
200	209.9	204.95	1
	Total		100

En la figura 15 y en la tabla 12, se observa el Volumen comercial de ramas, en donde el promedio de la clase diamétrica 94.95 cm se obtiene un total de $0.470 m^3$ y en la clase diamétrica de 134.95 cm se logró registrar un total $20.321 m^3$ lo que evidencia en el gráfico es que existe un incremento de volumen de las ramas a partir del promedio de clase diamétrica de 104.95 cm hasta 164.95 cm esto puede deberse a que árboles talados contaban con ramas de mayor diámetro.

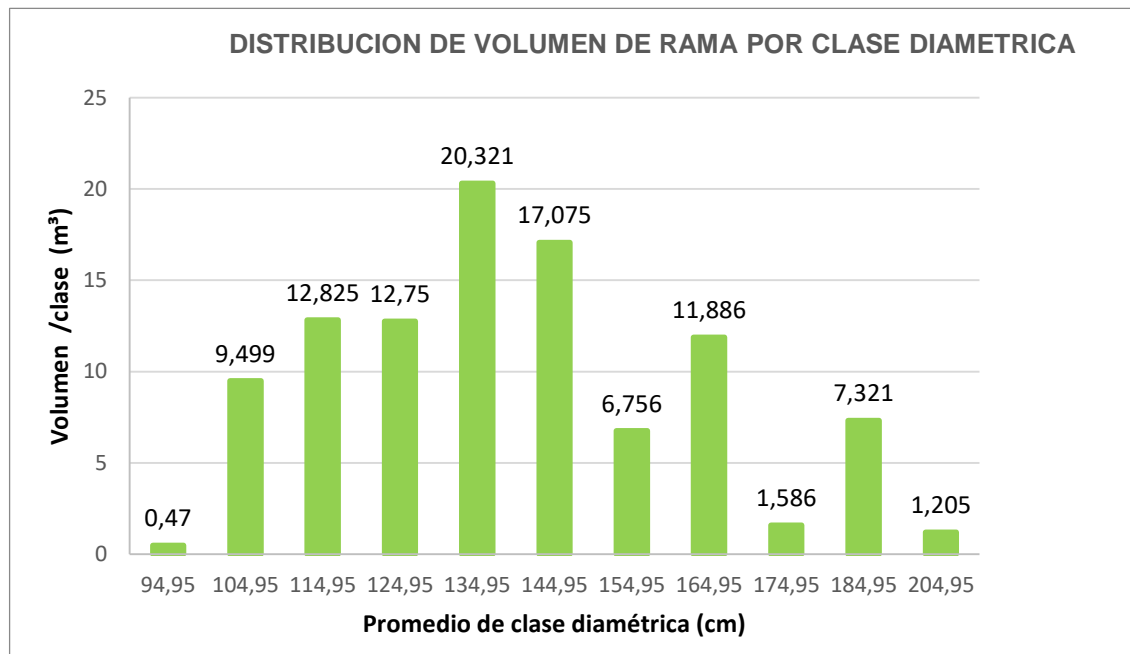
Tabla 12

Distribución del volumen de ramas de la especie según clase diamétrica

DISTRIBUCIÓN DE VOLUMEN DE RAMA POR CLASE DIAMÉTRICA				
INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO	TOTAL	VOLUMEN
90	99.9	94.95	1	0.47
100	109.9	104.95	15	9.499
110	119.9	114.95	16	12.825
120	129.9	124.95	16	12.75
130	139.9	134.95	19	20.321
140	149.9	144.95	14	17.075
150	159.9	154.95	5	6.756
160	169.9	164.95	7	11.886
170	179.9	174.95	2	1.586
180	189.9	184.95	4	7.321
200	209.9	204.95	1	1.205
	Total		100	

Figura 15

Distribución del volumen de ramas de la especie según clase diamétrica

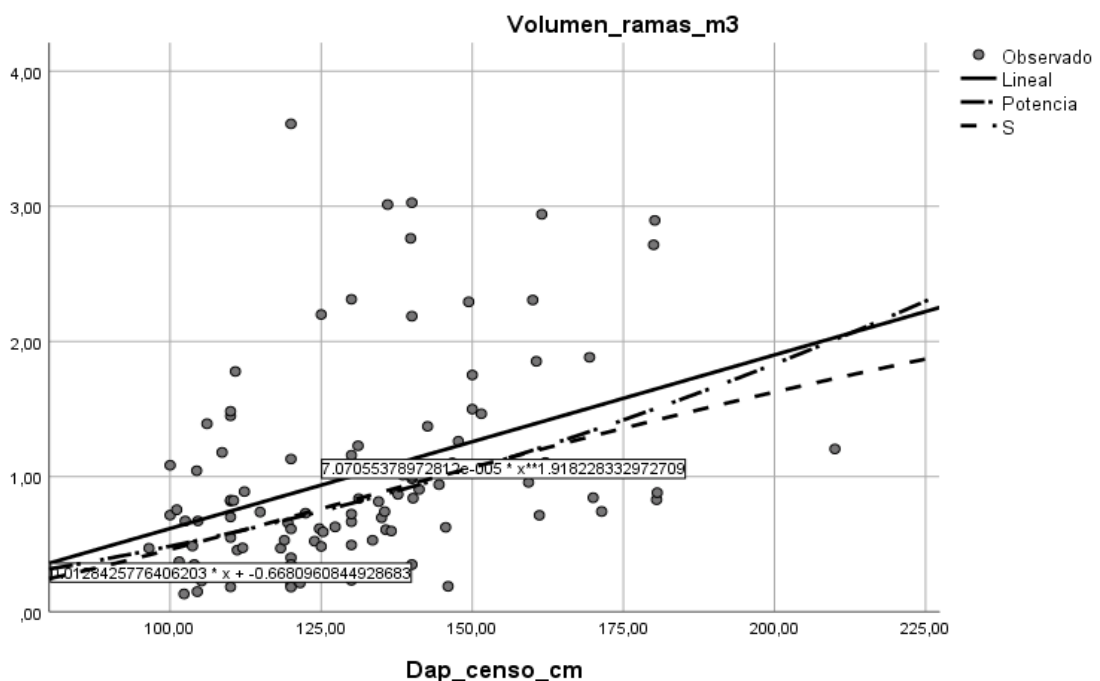


4.2. Relación entre el diámetro a la altura del pecho (Dap) de *Cedrelinga cateniformis* y el volumen comercial aprovechable de ramas

La figura 16, presenta la dispersión de los puntos del volumen comercial aprovechable de las ramas versus el Dap. En esa figura podemos observar que hay una tendencia a incrementarse el volumen comercial aprovechable de las ramas al incrementarse el Dap, pero eso es hasta cierto Dap.

Figura 16

Representación de los volúmenes comerciales de ramas y el Dap, así como las líneas de las respectivas regresiones lineales, potencia y S



Para confirmar la relación que pueda existir entre el Dap y el volumen comercial aprovechable de las ramas se realizaron varias pruebas de regresiones, entre ellas la lineal, logarítmica, inverso, cuadrático, cúbico, potencia, compuesto, S, logístico, crecimiento y exponencial, de todas ellas, en las que se obtuvieron los mayores valores de coeficientes de regresión fueron

los modelos potenciales y S. El lineal fue uno en los se obtuvo el menor valor de coeficiente de correlación. Los valores de coeficiente de regresión determinados se presentan en la tabla 14.

Tabla 13

Coefficientes de correlación de los modelos en los que se obtuvo los mayores valores

	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0.393	0.154	0.145	0.688
Potencia	0.442	0.195	0.187	0.654
S	0.442	0.195	0.187	0.654

El valor más alto de coeficiente de determinación corresponde a la regresión potencia y S, estas indican que el 19.50 de la variación del volumen comercial de las ramas está explicado por el diámetro a la altura del pecho.

Autores como, He et al., (2018) encontraron que modelos alométricos fueron más precisos para las especies individuales que para todas las especies combinadas, y más robustas para la biomasa del tallo, la biomasa de las raíces, la biomasa aérea y la biomasa total que para la biomasa de las ramas y el follaje, esto demuestra la dificultad para determinar variables que relacionan las ramas. Pero de todas maneras, esto autores determinaron modelos que explicaban el 89.7% de la biomasa de las ramas, valores de coeficiente de determinación muy superiores al obtenidos en esta investigación.

Con relación al coeficiente de determinación, Gujarati (1999) sostiene que un modelo matemático es satisfactorio cuando el coeficiente de determinación es igual o mayor a 80%, pero para Alder (1980), las mejores funciones pueden tener coeficiente de determinación de solamente 0.7 a 0.8.

Además de lo indicado, la baja relación encontrada entre el Dap y el volumen comercial de ramas, podría deberse a lo que sostienen (Trindade et al., 2019) quienes indican que el espaciamiento a los que crecen los árboles así como la edad de las plantas influye en la morfometría de la copa de los árboles, debemos de considerar que la muestra con la que se trabajó tenía diferentes espaciamientos, Dap y por lo tanto diferentes edades.

Por otra parte, la falta de un buen ajuste de las líneas de regresión utilizadas pueden deberse a las diferentes edades de los árboles que se incluyeron en la muestra, lo cual hace que las prioridades de algunos árboles estén dirigidas a crecer en copa y de otros a mantener la copa que ya tienen, como sostiene (Schumacher, 1996), durante la fase inicial de desarrollo de un bosque, gran parte de los carbohidratos son canalizados a fin de producir biomasa de la copa. Entre tanto, al pasar los años, cuando las copas comienzan a competir entre sí, la producción relativa del fuste aumenta y de las hojas y ramas disminuye gradualmente.

Así mismo, tenemos que considerar que la biomasa y el crecimiento de los árboles y por lo tanto las ramas, depende, entre otros factores, de la calidad del sitio, textura y disponibilidad de nutrientes del suelo, de las características climáticas, y de la altitud en la cual está localizado el bosque (Kadeba, 1994).

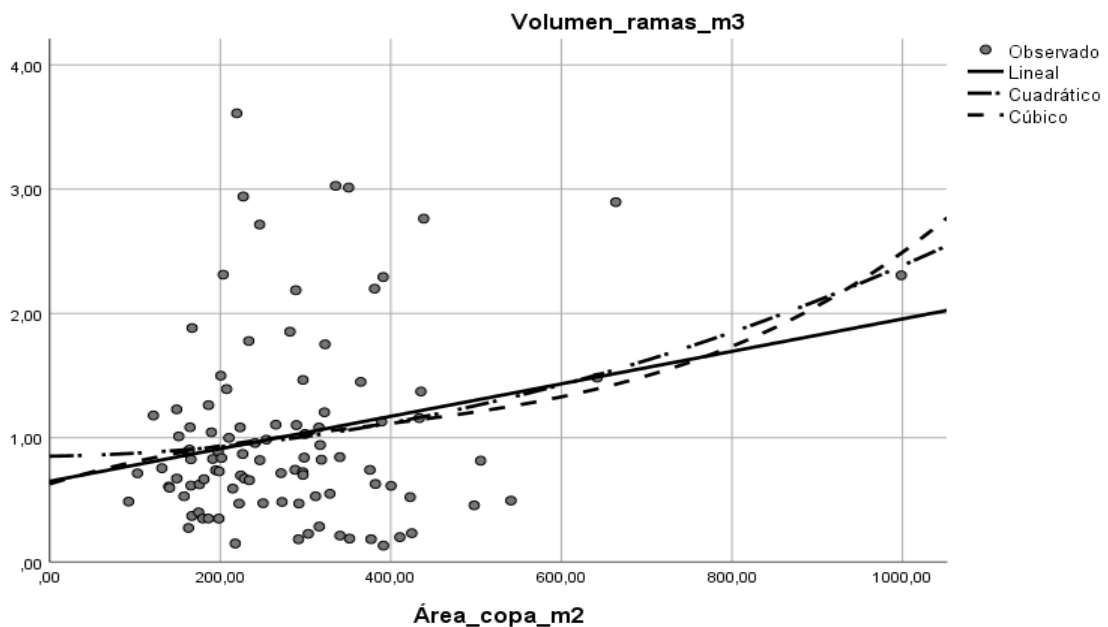
Podemos mencionar estudios relacionados a esta investigación, entre estos, el realizado por Caldeira et al., (2011) quien encontró que los componentes de los árboles en una plantación de *Acacia mearnsii* De Wild se distribuyen de la siguiente manera, 64% madera, 11% de raíces, 10% de corteza, 7% de ramas vivas y 5% de ramas muertas y 3% de hojas.

4.3. Relación entre el área de proyección de copa (A.P.C) y el volumen de ramas de la *Cedrelinga cateniformis*

En la figura 17, se presenta la representación de los puntos correspondientes al volumen comercial de las ramas y el área de proyección de copa. Los puntos se pueden observar dispersos en la figura. También se presenta las regresiones a las que fueron sometidos los puntos y que dieron mayores valores de coeficiente de determinación.

Figura 17

Representación de los puntos del volumen comercial de las ramas y el área de proyección de copa, así como regresiones que fueron probadas.



En la tabla 14, se presenta los coeficientes de determinación de las funciones matemáticas a las que fueron sometidas los datos de volumen comercial de las ramas en relación al área de proyección de copa, observándose que estos valores son bastante reducidos.

Tabla 14

Coefficiente de determinación entre el volumen comercial de las ramas y el área de proyección de copa de acuerdo a las regresiones lineal, cuadrática y cúbica

	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Lineal	0.232	0.054	0.044	0.727
Cuadrático	0.244	0.060	0.040	0.729
Cúbico	0.247	0.061	0.032	0.732

Autores, estudiaron otras relaciones entre el área de proyección de copa y otras características de los árboles. Entre ellos podemos mencionar a (Mallexus, 2005) que encontró una relación del diámetro de la copa de los árboles con respecto al diámetro altura al pecho trabajando con 82 individuos, logró un coeficiente de determinación cercano a 1.

Tratando de mejorar el ajuste de las regresiones se utilizó el método de análisis de regresión lineal múltiple, usando dos variables regresoras (D.B.C - A.P.C) con el volumen aprovechables de la rama, logrando establecer que el coeficiente de determinación múltiple es muy bajo no encontrando relación y por consiguiente no son variables regresoras al volumen de ramas aprovechable.

Por los resultados obtenidos, podemos concluir que, de las dos variables estudiadas, el Dap es el que mejor explica los volúmenes comerciales de ramas, pero con un bajo coeficiente de determinación, lo que nos estaría indicando que la utilización de esta variable, el Dap; puede ser utilizado para predecir la producción de madera comercial de ramas en forma referencial.

Hay que agregar que el Dap es considerado como un predictor de un número significativo de componentes de la biomasa de los árboles, así mismo

el tallo, la superficie, las raíces y la biomasa total tienen menos variaciones que las ramas y los follajes y pueden estimarse con mayor precisión con ecuaciones alométricas en algunas especies de árboles. Esto puede tener que ver con la variación de las condiciones locales, como la posición de los árboles en el dosel y la disponibilidad de luz (He et al., 2018).

Estos resultados también nos llevan a pensar que en futuros trabajos se debería ver otras variables, por ejemplo, determinar el volumen o peso de todas las ramas de la copa y determinar luego el porcentaje que representa el volumen comercial de las ramas, de esta forma podríamos realizar relaciones que se aproximan a los obtenidos por otros autores.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 . Conclusiones

- La variable que mejor explica el volumen comercial de ramas de *Cedrelinga catenaeformis* es el diámetro a la altura del pecho (Dap), ya que utilizando la regresión de potencia y de S, logra explicar un 19.5% de la variación en el volumen de las ramas aprovechables, así mismo estos valores son significativos a un 95%.
- Al utilizar una regresión lineal, que sería la más fácil de aplicar para proyectar el volumen de la madera aprovechable proveniente de ramas tiene un coeficiente de determinación de 15.4% y también la influencia en la producción de madera proveniente de ramas es estadísticamente significativa.
- La relación entre el área de proyección de copa y el volumen de proyección de copa tiene coeficientes de determinación bastantes bajos que están comprendidos entre 0.9% (regresión potencia) y 6.1% (regresión compuesta).
- El volumen de la madera comercial o aprovechable proveniente de ramas varío desde 0.13 m³ a 3.61 m³, con una media de 1.0169 y el porcentaje de madera de ramas aprovechables, entre 0.85% y 25.42% con un promedio de 6.07%.

- Esta investigación, nos muestra que adentro del bosque van quedando una importante cantidad de madera que no se aprovecha pasando a formar parte del residuo del producto forestal maderable, no solo afectando al mayor ingreso a la empresa si no también aportando a la emisión de gases que contribuyen el efecto invernadero.

5.2. Recomendaciones

- El hecho de que en 100 árboles de *Cedrelinga cateniformis* se obtuvo un total de 101.695 m^3 de volumen de ramas aprovechable, estimando un volumen de 1 m^3 por árbol, permitirá realizar el aprovechamiento correspondiente de las ramas con dimensiones comerciales, y por lo tanto ser reportado en el libro de operaciones durante la extracción, por lo que el regente podrá solicitar una reformulación del plan operativo incrementando el volumen aprovechable y por lo tanto incrementando el potencial del área o concesión.
- Realizar investigaciones donde se proyecte evaluaciones del total de la copa y ramas, para así estimar un porcentaje de ramas aprovechables del total evaluado teniendo en cuenta otras variables tales como relieve, ubicación y una correcta tala dirigida ya que permite reducir el impacto de la caída del árbol en el proceso de tala.
- Se recomienda el uso de otras variables para poder encontrar una posible ecuación que relacione la importancia de saber el volumen total para el aprovechamiento correcto de la especie.

- Hacer de conocimiento a las autoridades forestales o ente fiscalizadores para poder realizar estudios convenientes para así poder implantar un norma que permita el aprovechamiento de los volúmenes adicionales de las ramas durante los primeros proceso de trazabilidad realizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alder, D. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial en los trópicos. *In: Predicción del Rendimiento. FAO Montes Estudio 22/2. Vol. 2. Roma Italia. 118 p.*
- Altanzagas, B., Luo, Y., Altansukh, B., Dorjsuren, C., Fang, J., & Hu, H. (2019). Allometric Equations for Estimating the Above-Ground Biomass of Five Forest Tree Species in. *Forests, 10(661), 1–17.*
- Araújo, T. M., Higuchi, N., & Junior, J. A. de C. (1999). Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil Comparison of formulae for biomass content determination in a Pará, Brazil tropical rain forest site in the state of Pará. *Forest Ecology and Management, 127(November 2017), 43;52.* [http://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00470-8](http://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00470-8)
- Barichello, L. R., Schumacher, M. V., Vogel, H. L. (2005). Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. NA na sul do Brasil. *Ciência Florestal Santa Maria, 15(2), 129–135.*
- Boza, J., & Guerrero, J. (1999). Algunos residuos forestales y madereros en la alimentación del ganado. *Investigación agraria: Sistema de recursos forestales, 2-15.*
- Burneo, N. (1975). Elaboracion de tablas de volumen para el Guayacán (*Tabebuia chrysantha* Nicholson). *Universidad Nacional de Loja.*
- Caldeira, M. V. W., Saidelles, F. L. F., Schumacher, M. V., & Godinho, T. de O. (2011). Biomassa de povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild ., Rio Grande do Sul , Brasil. *Scientia Forestalis, 3(90), 133–141.*
- Caldeira, M. V. W., Schumacher, M. V., Neto, R. M. R., Watzlawick, Lu. F., & Santos, E. M. (2001). Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De

- Wild, procedência Btemans Bay ; Austrália. *Ciência Florestal Santa Maria*, 11(2), 79–91.
- Calil, F. N. (2003). *Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvopastoril com Acacia mearnsii De Wild, no município de Tupancirtã, RS*. Universidade Federal de Santa María, Santa María.
- Cámara, L., & Snook, L. (2005). Producción de semilla de caoba en México, patrones de variación e implicaciones para la sostenibilidad. *Recursos Naturales y Ambiente*, 60-67.
- Daniel, W. (2004). Bioestadística. . *Bioestadística*, 4 ed.
- Dawkins, C. (1963). Crows diameters: their relation to bole diameter in tropical forest. *Commonwealth Forestry Review*, 318 - 333.
- FAO. (2003). Sitición actual de los bosques en el mundo 2003. *FAO*, 15.
- Flores, Y. (1997). Comportamiento fenológico de 88 especies forestales de la Amazonia Peruana. *INIA*, 22-23.
- Fucaraccio, F., & Staffieri, G. (1999). Desarrollo de las ecuaciones del volumen y tablas de volumen en la Republica de Argentina. Fonte: <http://Ceres.agro.unlp.edu.ar/dasometria>.
- González, G. (1999). Algunos residuos forestales y madereros en la alimentación del ganado. *Investigación Agraria: Sistema de Recurso Forestal*, 3-15.
- Gujarati, D. N. 1999. Econometría. 2ª. Parte. N/S. Estados Unidos. pp 127 - 131.
- Gutierrez, E., Moreno, R., & Villota, N. (2013). Guía de cubicación de la madera. Tomo N° 01. 7 - 9.
- He, H., Zhang, C., Zhao, X., Fousseni, F., Wang, J., Dai, H., Zuo, Q. (2018). Allometric biomass equations for 12 tree species in coniferous and broadleaved mixed forests, Northeastern China. *Plos One*, 1–16.

- Hemery, E., Savill, S., & Pryor, N. (2005). Applications of the crown diameter - stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. *Forest Ecology and Management*, 285 - 294.
- Hernandez, L. (2001). Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del Neotrópico húmedo. Caso de la Cuenca del Río Caura, Venezuela. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 24–34.
- Higuchi, N., Santos, J. dos, Ribeiro, R. J., Minette, L., & Biot, Y. (1998). Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazónica*, 28(2), 153;166.
- IFER. (2009). *Institute of Forest Ecosystem Research, Ltd., is an independent - IFER*. República checa.
- Inglis, C., Cleland, M. (1982). Predicting final branch size in thinned radiata pine stands. *Forest Research Institute FRI, Bolletín* 03.
- Kadeba, O. (1994). Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribaea* on tree savana sites in northern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 49(2), 139–147.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los tropicos. *Trad A Castillo*, 335.
- Loayza, V. (1977). Dasometría. (U. N. Loja, Ed.) 35.
- Lojan, L. (2005). *Maestría en manejo de recursos naturales RNA 820 manejo de la forestal comercial*.
- Malleus, J. (2005). Estudio de relación D.A.P, con el diámetro de copa en un bosque húmedo tropical. *Forestal Perú*, 1-5.
- Manigüaje, N. (2016). Relación del área de la hoja con el área del xilema activo en árboles jóvenes de seis especies dominante de la Amazonía central. *INSTITUTO NACIONAL DA PESQUISA AMAZONICA*, 1-50.

- MINAN. (2015). Bosques de colinas. *Mapa nacional de cobertura vegetal*, 34.
- Riemer, T. Gadow, K. V., Slodoba, B. (1995). Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. *Allg Forst-und J-Ztg* 166(7) 144-147.
- Roldan, J. (2014). Influencia de la humedad y densidad en la dureza como propiedad Físico-Mecánica de la mader. *Universidad de Valladolid*, 11-12.
- Ross, G. (2004). *Quantificação da biomassa num povoamento de Acacia mearnsii DE Wild. no municipio da Arroio dos Ratos*. Universidade Fderal de Santa Maria<Santa María.
- Schumacher, M. V. (1996). Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In UFSM&CEPEF (Ed.), *Simpósio sobre ecossistemas naturais do MERCOSUL o ambeinte da floresta* (p. 65;77). Santa María: UFSM&CEPE.
- Segura, M. (2005). Allometric Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in a Tropical Humid Forest in Costa Rica 1, 37(1), 2–8.
- SERFOR. (2006). Lineamiento para la elaboración del plan de manejo forestal para consecciones forestales con fines maderables.
- Tango, H. A. (15 de Julio de 2009). Determinación de las propiedades físicas en el fuste y las ramas. *Recursos Naturales Renobables*. Tingo María, Rupa rupa, Perú: Repositorio de la UNAS.
- Toledo, P. (2011). Determinación del factor de forma de Gmelia (Gmelia arborea) en la hacienda forestal libertad AGR de la empresa agricola ganadera Reysahiwal AGR S.A. *Escuela Superior Politecnico de Chimborazo*. Fonte: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1821>
- Trindade, R. N. R., Lafetá, B. O., Aguiar, V. F., Gomes, A. G. Da, Ferraro, A. C., Penido, T. M., & Vieira, D. D. S. (2019). Morfometria da copa de povoamentos

- de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *E. urophylla* S . T . Blake em diferentes espaçamentos de plantio Crown morphometry of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *E. urophylla* S . T . Blake stands in different planting s. *Scintia Forestal*, 47(121), 83–91.
- Urquia, J. C. (2015). Relacion entre el diámetro de copa y el fuste de la *Cedrelinga cateniformis* en la zona de Atalaya. *Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. UNIA*, 16.
- Vidal, A., & Benítez, Y. (2004). Estimacion de biomasa de copa de arboles en pie de *Pinus caribea* en la E.F.I. La palma de la provincia de Pinar dela Río, Cuba. *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho N° 11*, 2-6.
- Vidaurre, H. (1997). Balance de experiencias silviculturales con *cedrelinga catenaeformis* Ducke en la region de Pucallpa. *Documento Tecnico N° 25 IIAP*, 97.
- Villanueva, C. V. H. (2012). Medición de leña (rama). *Producción de madera en sistema agroforestal de centroamérica*, 63-65.
- Wadsworth, F. (2000). Producción forestal para América tropical. *Manual de Agricultura*, 603.

ANEXO

Reconocimiento de la especie y la evolución de proyección de copa



Se verifica que el árbol cuente con la placa correspondiente donde indica la faja y el número de árbol, después de realizar la toma de datos para realizar la proyección de copas.

Proceso de tala de la *Cedrelinga cateniformis* en el PC 05



Para realizar las evaluaciones se considera que el árbol se encuentre plaqueado y sea aprovechables, después realizar el proceso de tala realizando un corte de bisagra como muestre la tala dirigida.

Proceso de seccionamiento y cargas para el eskider



Dentro de este proceso se mide el largo comercial del árbol y se despunta el árbol de la copa, que servirá para verificar el potencial de ramas aprovechables.

Evaluación de ramas



Este proceso consiste en ingresar al follaje de la copa del árbol talado, identificar las ramas aprovechables, medir su largo y su diámetro \geq a 30 cm.

Ramas que no cumplieron el diámetro mínimo de corta para la evaluación



Procesamiento de información diaria en campamento



ANEXO 2

CUADRO DE VOLUMEN DE RAMAS APROVECHABLE Y ÁREA DE COPAS

ID	CÓDIGO	FAJA	N° ARBOL	VOLUMEN DE RAMAS (m3)	ÁREA DE COPA (m ²)
1	PCA10-F8-36A	8	36	1.499	200.587
2	PCA10-F9-16A	9	16	1.084	164.589
3	PCA10-F9-17A	9	17	1.011	151.279
4	PCA10-F10-26A	10	26	2.312	203.498
5	PCA10-F16-40A	16	40	1.262	186.198
6	PCA10-F16-46A	16	46	0.715	271.258
7	PCA10-F17-7A	17	7	0.672	149.044
8	PCA10-F17-8A	17	8	0.625	175.610
9	PCA10-F17-13A	17	13	0.957	240.737
10	PCA10-F17-28A	17	28	0.607	139.599
11	PCA10-F21-11A	21	11	0.149	217.532
12	PCA10-F21-17A	21	17	0.37	166.704
13	PCA10-F21-25A	21	25	0.905	163.890
14	PCA10-F21-29A	21	29	1.179	121.672
15	PCA10-F21-30A	21	30	0.829	191.137
16	PCA10-F21-31A	21	31	0.742	287.771
17	PCA10-F21-38A	21	38	0.349	198.309
18	PCA10-F21-39A	21	39	1.853	281.758
19	PCA10-F22-13A	22	13	0.597	140.493
20	PCA10-F22-14A	22	14	1.391	207.463
21	PCA10-F22-16A	22	16	1.105	265.171
22	PCA10-F22-45A	22	45	2.187	288.548
23	PCA10-F23-6A	23	6	0.755	131.580
24	PCA10-F23-7A	23	7	0.274	162.744
25	PCA10-F23-16A	23	16	0.881	161.411
26	PCA10-F23-17A	23	17	1.372	435.344
27	PCA10-F23-34A	23	34	0.486	92.505
28	PCA10-F23-39A	23	39	1.228	148.858
29	PCA10-F23-40A	23	40	0.889	197.471
30	PCA10-F23-45A	23	45	0.658	234.035
31	PCA10-F23-48A	23	48	1.102	289.309
32	PCA10-F23-50A	23	50	0.529	157.589
33	PCA10-F24-5A	24	5	3.027	335.264
34	PCA10-F24-12A	24	12	2.941	226.923

35	PCA10-F31-4A	31	4	0.591	214.666
36	PCA10-F31-5A	31	5	0.985	254.205
37	PCA10-F31-7A	31	7	0.738	194.751
38	PCA10-F31-20A	31	20	0.188	351.628
39	PCA10-F31-21A	31	21	1.752	322.865
40	PCA10-F31-22A	31	22	2.715	246.205
41	PCA10-F33-2A	33	2	0.671	228.485
42	PCA10-F33-10A	33	10	0.615	165.633
43	PCA10-F36-7A	36	7	0.456	497.746
44	PCA10-F36-13A	36	13	0.184	376.869
45	PCA10-F36-14A	36	14	0.494	540.875
46	PCA10-F36-17A	36	17	0.20	410.626
47	PCA10-F36-18A	36	18	3.013	350.569
48	PCA10-F43-24A	43	24	0.285	316.063
49	PCA10-F43-28A	43	28	2.199	380.984
50	PCA10-F43-29A	43	29	0.132	391.416
51	PCA10-F43-31A	43	31	0.628	381.895
52	PCA10-F43-33A	43	33	2.763	438.630
53	PCA10-F43-34A	43	34	0.613	400.277
54	PCA10-F45-9A	45	9	1.030	299.309
55	PCA10-F45-12A	45	12	0.549	328.591
56	PCA10-F45-14A	45	14	0.729	198.635
57	PCA10-F45-16A	45	16	0.183	291.761
58	PCA10-F45-17A	45	17	0.227	303.213
59	PCA10-F45-22A	45	22	1.778	233.477
60	PCA10-F45-25A	45	25	0.483	272.461
61	PCA10-F50-3A	50	3	1.449	364.743
62	PCA10-F50-18A	50	18	3.610	219.396
63	PCA10-F50-20A	50	20	0.473	250.232
64	PCA10-F50-22A	50	22	0.400	174.606
65	PCA10-F50-23A	50	23	0.212	340.426
66	PCA10-F50-24A	50	24	0.470	292.202
67	PCA10-F50-26A	50	26	2.896	663.815
68	PCA10-F51-18A	51	18	0.696	224.070
69	PCA10-F51-19A	51	19	0.666	180.901
70	PCA10-F55-3A	55	3	1.465	296.996
71	PCA10-F55-4A	55	4	0.844	340.209
72	PCA10-F56-2A	56	2	1.130	389.249
73	PCA10-F56-6A	56	6	0.714	102.912
74	PCA10-F56-7A	56	7	0.470	222.101
75	PCA10-F56-13A	56	13	0.350	186.082
76	PCA10-F56-16A	56	16	0.819	246.377

77	PCA10-F56-17A	56	17	1.483	641.893
78	PCA10-F56-20A	56	20	0.741	375.507
79	PCA10-F59-2A	59	2	2.293	391.088
80	PCA10-F59-5A	59	5	0.815	505.364
81	PCA10-F59-8A	59	8	0.350	179.467
82	PCA10-F60-4A	60	4	0.823	318.661
83	PCA10-F60-11A	60	11	1.044	189.632
84	PCA10-F60-13A	60	13	1.083	315.767
85	PCA10-F60-17A	60	17	0.529	311.757
86	PCA10-F60-21A	60	21	0.232	424.600
87	PCA10-F60-22A	60	22	0.826	165.511
88	PCA10-F60-23A	60	23	0.941	317.193
89	PCA10-F60-25A	60	25	0.999	210.218
90	PCA10-F61-23A	61	23	2.307	998.555
91	PCA10-F61-25A	61	25	0.837	201.435
92	PCA10-F61-32A	61	32	1.158	433.452
93	PCA10-F69-45A	69	45	0.869	226.314
94	PCA10-F79-5A	79	5	1.205	322.163
95	PCA10-F79-10A	79	10	1.883	166.957
96	PCA10-F79-23A	79	23	1.083	223.248
97	PCA10-F79-30A	79	30	0.701	296.992
98	PCA10-F79-40A	79	40	0.723	296.812
99	PCA10-F79-51A	79	51	0.840	298.449
100	PCA10-F60-20A	60	20	0.522	422.711

ANEXO 3

CUADRO DE ÁRBOLES DE *CEDRELINGA* CATENIFORMIS, PARA EVALUACIÓN

ID	CODIGO	FAJA	N° ARBOL	X- ARBOL	Y- ARBOL	DAP / CENSO	DAP / APROVE	AREA BASAL M ²	VOLUMEN COMERCIAL / S TOCON	CLASE DIAMETRICA
1	PCA10-F8-36A	8	36	650,775	8,861,267	150	220	3.8012	39.211	190 a +
2	PCA10-F9-16A	9	16	650,692	8,861,345	100	110	0.9503	13.826	100-109
3	PCA10-F9-17A	9	17	650,661	8,861,345	138.5	120	1.1309	16.832	130-139
4	PCA10-F10-26A	10	26	650,348	8,861,435	130	132	1.3684	22.961	140-149
5	PCA10-F16-40A	16	40	651,231	8,862,000	147.7	158	1.9606	27.059	140-149
6	PCA10-F16-46A	16	46	651,669	8,862,012	100	110	0.9503	11.767	120-129
7	PCA10-F17-7A	17	7	651,319	8,862,089	104.6	100	0.7854	11.548	100-109
8	PCA10-F17-8A	17	8	651,310	8,862,096	145.6	140	1.5393	21.509	130-139
9	PCA10-F17-13A	17	13	651,170	8,862,161	159.3	150	1.7671	22.645	160-169
10	PCA10-F17-28A	17	28	650,388	8,862,150	135.7	100	0.7854	17.227	130-139
11	PCA10-F21-11A	21	11	651,114	8,862,526	104.5	93	0.6793	9.486	100-109
12	PCA10-F21-17A	21	17	650,775	8,862,500	101.5	90	0.6362	8.794	100-109
13	PCA10-F21-25A	21	25	650,403	8,862,561	141.2	140	1.5393	19.820	130-139
14	PCA10-F21-29A	21	29	650,185	8,862,524	108.6	96	0.7238	9.769	110-119
15	PCA10-F21-30A	21	30	650,100	8,862,540	180.5	165	2.1382	21.265	160-169
16	PCA10-F21-31A	21	31	649,934	8,862,524	171.4	148	1.7203	30.040	170-179
17	PCA10-F21-38A	21	38	649,553	8,862,499	140	154	1.8626	22.817	140-149
18	PCA10-F21-39A	21	39	649,534	8,862,551	160.6	145	1.6513	24.103	190 a +
19	PCA10-F22-13A	22	13	650,976	8,862,671	136.6	130	1.3273	23.129	130-139

20	PCA10-F22-14A	22	14	650,974	8,862,631	106.1	95	0.7088	11.408	100-109
21	PCA10-F22-16A	22	16	650,868	8,862,630	162.1	160	2.0106	34.219	160-169
22	PCA10-F22-45A	22	45	649,479	8,862,652	140	160	2.0106	39.431	190 a +
23	PCA10-F23-6A	23	6	649,449	8,862,770	101.1	105	0.8659	13.759	110-119
24	PCA10-F23-7A	23	7	649,455	8,862,745	102.6	111	0.9677	9.360	100-109
25	PCA10-F23-16A	23	16	649,806	8,862,689	180.6	210	3.4635	29.361	180-189
26	PCA10-F23-17A	23	17	649,832	8,862,781	142.6	145	1.6513	22.876	130-139
27	PCA10-F23-34A	23	34	650,594	8,862,754	103.7	90	0.6362	11.311	100-109
28	PCA10-F23-39A	23	39	650,815	8,862,749	131.1	130	1.3273	14.413	130-139
29	PCA10-F23-40A	23	40	650,879	8,862,780	112.5	110	0.9503	7.761	110-119
30	PCA10-F23-45A	23	45	650,983	8,862,719	119.5	130	1.3273	17.750	110-119
31	PCA10-F23-48A	23	48	651,541	8,862,751	146.7	130	1.3273	17.530	140-149
32	PCA10-F23-50A	23	50	651,625	8,862,750	118.9	130	1.3273	13.832	120-129
33	PCA10-F24-5A	24	5	649,432	8,862,808	140	130	1.3273	20.789	160-169
34	PCA10-F24-12A	24	12	649,795	8,862,855	161.5	142	1.5836	31.714	160-169
35	PCA10-F31-4A	31	4	649,528	8,863,529	125.3	113	1.0029	19.101	100-109
36	PCA10-F31-5A	31	5	649,541	8,863,549	140	113	1.0029	21.721	150-159
37	PCA10-F31-7A	31	7	649,580	8,863,539	114.9	102	0.8171	14.040	120-129
38	PCA10-F31-20A	31	20	650,612	8,863,580	146	183	2.6302	22.000	120-129
39	PCA10-F31-21A	31	21	650,690	8,863,564	150	168	2.2167	24.176	130-139
40	PCA10-F31-22A	31	22	650,686	8,863,544	180	220	3.8012	44.621	190 a +
41	PCA10-F33-2A	33	2	649,296	8,863,716	102.5	98	0.7543	9.152	100-109
42	PCA10-F33-10A	33	10	650,124	8,863,724	124.7	116	1.0568	12.947	120-129
43	PCA10-F36-7A	36	7	650,575	8,864,036	111.1	110	0.9503	11.184	130-139
44	PCA10-F36-13A	36	13	649,915	8,864,038	110	100	0.7854	12.981	150-159
45	PCA10-F36-14A	36	14	649,841	8,864,027	130	120	1.1309	19.506	120-129

46	PCA10-F36-17A	36	17	649,781	8,864,004	120	120	1.1309	18.096	140-149
47	PCA10-F36-18A	36	18	649,707	8,864,027	136	120	1.1309	16.729	130-139
48	PCA10-F43-24A	43	24	650,773	8,864,735	120	89	0.6221	10.111	100-109
49	PCA10-F43-28A	43	28	651,081	8,864,704	125	100	0.7854	12.168	110-119
50	PCA10-F43-29A	43	29	651,112	8,864,759	102.3	77	0.4657	9.491	110-119
51	PCA10-F43-31A	43	31	651,166	8,864,733	127.3	100	0.7854	16.611	90-99.9
52	PCA10-F43-33A	43	33	651,251	8,864,754	139.8	120	1.1309	10.871	100-109
53	PCA10-F43-34A	43	34	651,278	8,864,727	120	107	0.8992	10.561	110-119
54	PCA10-F45-9A	45	9	650,997	8,864,936	130	120	1.1309	12.746	110-119
55	PCA10-F45-12A	45	12	650,860	8,864,915	110	120	1.1309	10.703	120-129
56	PCA10-F45-14A	45	14	650,824	8,864,936	122.4	91	0.6504	7.667	110-119
57	PCA10-F45-16A	45	16	650,772	8,864,946	120	103	0.8332	11.513	100-109
58	PCA10-F45-17A	45	17	650,690	8,864,931	105.2	92	0.6647	8.395	120-129
59	PCA10-F45-22A	45	22	650,468	8,864,939	110.8	110	0.9503	12.055	110-119
60	PCA10-F45-25A	45	25	650,175	8,864,890	125	108	0.9161	11.448	100-109
61	PCA10-F50-3A	50	3	649,605	8,865,454	110	150	1.7671	15.047	120-129
62	PCA10-F50-18A	50	18	650,873	8,865,475	120	113	1.0029	14.649	130-139
63	PCA10-F50-20A	50	20	651,012	8,865,477	112	120	1.1309	11.626	100-109
64	PCA10-F50-22A	50	22	651,035	8,865,473	120	190	2.8352	19.183	150-159
65	PCA10-F50-23A	50	23	651,080	8,865,419	121.5	126	1.2469	12.459	110-119
66	PCA10-F50-24A	50	24	651,106	8,865,430	118.3	137	1.4741	18.503	120-129
67	PCA10-F50-26A	50	26	651,190	8,865,429	180.2	183	2.6302	20.097	180-189
68	PCA10-F51-18A	51	18	651,413	8,865,514	135	180	2.5446	15.379	120-129
69	PCA10-F51-19A	51	19	651,463	8,865,534	130	130	1.3273	16.584	120-129
70	PCA10-F55-3A	55	3	651,502	8,865,938	151.5	117	1.0751	19.386	140-149
71	PCA10-F55-4A	55	4	651,453	8,865,949	170	170	2.2697	25.248	140-149

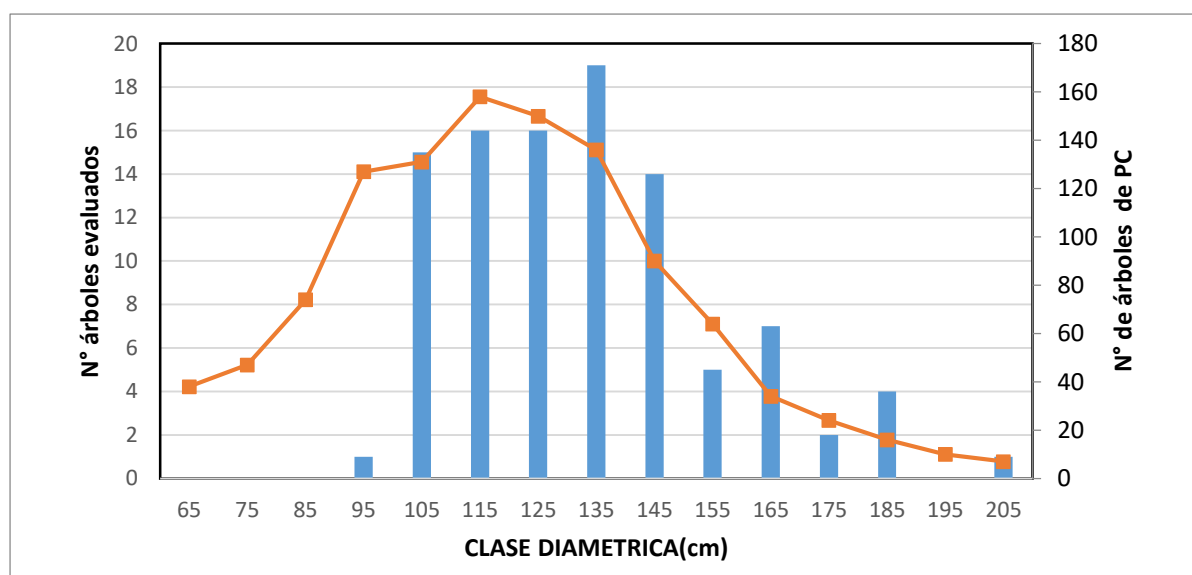
72	PCA10-F56-2A	56	2	651,671	8,866,054	120	120	1.1309	25.910	190 a +
73	PCA10-F56-6A	56	6	651,389	8,866,038	161.1	70	0.3848	6.531	80-89.9
74	PCA10-F56-7A	56	7	651,374	8,866,045	96.5	120	1.1309	23.459	140-149
75	PCA10-F56-13A	56	13	651,268	8,866,024	104	117	1.0751	18.122	100-109
76	PCA10-F56-16A	56	16	651,212	8,866,037	110	110	0.9503	16.914	130-139
77	PCA10-F56-17A	56	17	651,182	8,866,037	110	117	1.0751	17.121	130-139
78	PCA10-F56-20A	56	20	651,119	8,866,065	135.5	135	1.4314	19.275	140-149
79	PCA10-F59-2A	59	2	651,728	8,866,336	149.4	190	2.8352	21.896	160-169
80	PCA10-F59-5A	59	5	651,633	8,866,300	134.5	143	1.6060	17.231	130-139
81	PCA10-F59-8A	59	8	651,543	8,866,305	120	190	2.8352	28.126	180-189
82	PCA10-F60-4A	60	4	651,535	8,866,397	110.5	100	0.7854	11.026	100-109
83	PCA10-F60-11A	60	11	650,811	8,866,395	104.4	108	0.9161	10.303	100-109
84	PCA10-F60-13A	60	13	650,559	8,866,405	158.4	140	1.5393	18.859	140-149
85	PCA10-F60-17A	60	17	650,493	8,866,410	133.5	126	1.2469	18.068	130-139
86	PCA10-F60-21A	60	21	650,372	8,866,426	130	140	1.5393	18.515	130-139
87	PCA10-F60-22A	60	22	650,335	8,866,428	110	140	1.5393	8.302	110-119
88	PCA10-F60-23A	60	23	650,315	8,866,414	144.5	124	1.2076	15.094	140-149
89	PCA10-F60-25A	60	25	650,280	8,866,465	140	150	1.7671	21.126	140-149
90	PCA10-F61-23A	61	23	650,442	8,866,500	160	110	0.9503	15.588	180-189
91	PCA10-F61-25A	61	25	650,492	8,866,504	131.2	110	0.9503	14.761	120-129
92	PCA10-F61-32A	61	32	650,960	8,866,514	130	120	1.1309	12.414	110-119
93	PCA10-F69-45A	69	45	651,736	8,867,342	137.7	140	1.5393	19.393	130-139
94	PCA10-F79-5A	79	5	651,645	8,868,349	210	200	3.1415	46.518	180-189
95	PCA10-F79-10A	79	10	651,445	8,868,304	169.4	200	3.1415	29.708	180-189
96	PCA10-F79-23A	79	23	651,047	8,868,309	164.1	170	2.2697	36.989	150-159
97	PCA10-F79-30A	79	30	650,658	8,868,343	110	130	1.3273	16.386	110-119

98	PCA10-F79-40A	79	40	650,492	8,868,292	130	145	1.6513	20.116	130-139
99	PCA10-F79-51A	79	51	649,682	8,868,322	140.2	150	1.7671	22.177	140-149
100	PCA10-F60-20A	60	20	650,410	8,866,422	123.9	120	1.1309	11.331	110-119

ANEXO 4

CUADRO Y GRÁFICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES DE *CEDRELINGA CATENIFORMI* PARA EVOLUCIÓN

Clase diamétricas			N° Árboles	
Inferior	Superior	Marca de clase	Muestra	PC
60	69.9	65		38
70	79.9	75		47
80	89.9	85		74
90	99.9	95	1	127
100	109.9	105	15	131
110	119.9	115	16	158
120	129.9	125	16	150
130	139.9	135	19	136
140	149.9	145	14	90
150	159.9	155	5	64
160	169.9	165	7	34
170	179.9	175	2	24
180	189.9	185	4	16
190	199.9	195	0	10
200	209.9	205	1	7
Total			100	1106



ANEXO 5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO REALIZADOS PARA LA EVALUACIÓN

	Regresión Lineal	Regresión Exponencial	Regresión Logarítmica	Regresión Geométrica	Regresión Cuadrática
N =	100	100	100	100	100
Intercepto (a) =	-0.6124	0.1354	-7.2454	0.0001	108.1441
Coef. regresión (b) =	0.0124	0.0135	1.6991	1.8541	b1= 33.6506 , b2=-7.0517
Coef. determinación (R2) =	14.40%	17.87%	14.59%	18.26%	18.93%
Media (X) =	131.2090	131.2090	129.3675	129.3675	129.3675
Media (Y) =	1.0170	0.7951	1.0170	0.7951	1.0170
Var. independiente =	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1
Var. dependiente =	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2
Ecuación =	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$	$Y' = a + (b1)X + (b2)X^2$
Grados de libertad =	98	98	98	98	97
(p) =	0.0001	p < .00001	0.0001	p < .00001	p(b1)= 0.0009 , p(b2)=0.0220

Dap del censo con volumen aprovechable de ramas

	Regresión Lineal	Regresión Exponencial	Regresión Logarítmica	Regresión Geométrica	Regresión Cuadrática
N =	100	100	100	100	100
Intercepto (a) =	0.1972	0.3231	-3.2090	0.0064	105.4291
Coef. regresión (b) =	0.0063	0.0069	0.8723	0.9950	b1= 37.8939 , b2=-8.5113
Coef. determinación (R2) =	7.09%	8.98%	7.35%	10.05%	10.51%
Media (X) =	130.5000	130.5000	127.0161	127.0161	127.0161
Media (Y) =	1.0170	0.7951	1.0170	0.7951	1.0170
Var. independiente =	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1
Var. dependiente =	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2
Ecuación =	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$	$Y' = a + (b1)X + (b2)X^2$
Grados de libertad =	98	98	98	98	97
(p) =	0.0074	0.0024	0.0063	0.0013	p(b1)= 0.0098 , p(b2)=0.0567

Dap con aletas con volumen aprovechable de ramas

	Regresión Lineal	Regresión Exponencial	Regresión Logarítmica	Regresión Geométrica	Regresión Cuadrática
N =	100	100	100	100	100
Intercepto (a) =	0.2492	0.3466	0.7844	0.6168	0.8906
Coef. regresión (b) =	0.5514	0.5962	0.8498	0.9281	b1= 0.7329 , b2=-0.1539
Coef. determinación (R2) =	13.88%	17.05%	14.57%	18.26%	18.29%
Media (X) =	1.3924	1.3924	1.3147	1.3147	1.3147
Media (Y) =	1.0170	0.7951	1.0170	0.7951	1.0170
Var. independiente =	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1
Var. dependiente =	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2
Ecuación =	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$	$Y' = a + (b1)X + (b2)X^2$
Grados de libertad =	98	98	98	98	97
(p) =	0.0001	p < .00001	0.0001	p < .00001	p(b1)= 0.0012 , p(b2)=0.0242

Área basal con volumen aprovechable de ramas

	Regresión Lineal	Regresión Exponencial	Regresión Logarítmica	Regresión Geométrica	Regresión Cuadrática
N =	100	100	100	100	100
Intercepto (a) =	0.6505	0.6512	-1.0273	0.3212	260.5537
Coef. regresión (b) =	0.0013	0.0007	0.3684	0.1633	b1= -0.4780 , b2=13.2610
Coef. determinación (R2) =	5.35%	1.66%	4.23%	0.87%	5.83%
Media (X) =	281.0578	281.0578	257.1082	257.1082	257.1082
Media (Y) =	1.0173	0.7952	1.0173	0.7952	1.0173
Var. independiente =	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1	Columna 1
Var. dependiente =	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2	Columna 2
Ecuación =	$Y' = a + bX$	$Y' = a * e^{(bX)}$	$Y' = a + b * \ln(X)$	$Y' = a * X^b$	$Y' = a + (b1)X + (b2)X^2$
Grados de libertad =	98	98	98	98	97
(p) =	0.0205	0.2008	0.0400	0.3555	p(b1)= 0.9938 , p(b2)=0.4852

Análisis de regresión simple del volumen de fuste con volumen ramas aprovechable

Fuentes de variación	GL	SQ	QM
Regresión	2	10.2820	5.1410
Error	97	44.5140	0.4589
Total	99	54.7960	---
F Regresión (2, 97) =	11.2027	---	---
(p) =	0.0001	---	---
Coef. de determinación múltiple (R2yy) =	0.1876	---	---
F R2yy (2, 97) =	22.6364	---	---
(p) =	0.0000	---	---
R2yy ajustado =	0.1709	---	---
Coef. de correlación múltiple (Ryy) =	0.4332	---	---
Intercepto (a) =	-0.8895	t = -2.1341	(p) = 0.0353
Coef. parcial de regresión (b1) =	0.0120	t = 4.0022	(p) = 0.0001
Coef. parcial de regresión (b2) =	0.0012	t = 2.2794	(p) = 0.0248
Comparación: Coef. (b1) y Coef. (b2) =	---	t = 3.5210	(p) = 0.0006
Variable dependiente =	Columna 1	---	---
$Y' = a + b1X1 + b2X2 + \dots + biXi$			

Análisis de regresión múltiple Dap del censo, área de proyección de copa y volumen de ramas aprovechable.

Fuentes de variación	GL	SQ	QM
Regresión	1	5.2419	5.2419
Error	98	49.5540	0.5057
Total	99	54.7960	---
F (regresión) =	10.3666	(p) = 0.0021	---
Variable dependiente =	Columna 1	---	---
Variable independiente =	Columna 2	---	---
Media (X) =	17.9812	---	---
Media (Y) =	1.0173	---	---
Coef. de Determinación (R2) =	9.57%	---	---
R2 (ajustado) =	8.64%	---	---
Intercepto (a) =	0.5118	t = 2.9697	(p) = 0.0037
Coef. de Regresión (b) =	0.0281	t = 3.2197	(p) = 0.0017
Ecuación =	$Y' = a + bX$	---	---
IC 95% (a)	0.169 a 0.854	---	---
IC 95% (b)	0.011 a 0.045	---	---