

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**“CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS Y  
ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE *Cedrelinga cateniformis*  
(DUCKE) DUCKE, EN EL BOSQUE RESERVADO UNAS–TINGO  
MARÍA, HUÁNUCO”**

**TESIS**

Para optar el título de

**INGENIERO FORESTAL**

**RENAN HUMBERTO DIONICIO MACHARI**

Tingo María - Perú

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de agosto de 2019, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

### “CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DASÓMETRICAS Y ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE *Cedrelinga cateniformis* (DUCKE) DUCKE, EN EL BOSQUE RESERVADO UNAS – TINGO MARÍA HUÁNUCO”

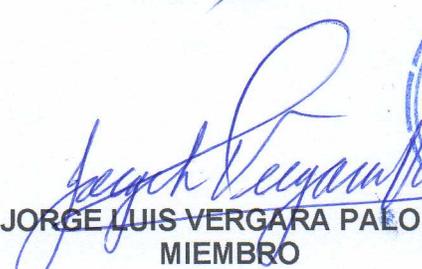
Presentado por el Bachiller **DIONICIO MACHARI, Renan Humberto**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**MUY BUENO**”

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 10 de Setiembre de 2019.

  
Ing. MSc. RICARDO OCHOA CUYA  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. ROBERT G. PECHO DE LA CRUZ  
MIEMBRO

  
Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO  
MIEMBRO

  
Ing. JORGE B. ALVAREZ MELO  
ASESOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**“CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS Y ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA DE *Cedrelinga cateniformis* (DUCKE) DUCKE, EN EL BOSQUE RESERVADO UNAS–TINGO MARÍA, HUÁNUCO”**

**Autor** : **DIONICIO MACHARI, Renán Humberto**

**Asesor** : **Ing. ALVAREZ MELO, Jorge Birino**

**Programa de Investigación** : **Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales**

**Línea de Investigación** : **Silvicultura, Manejo y Ordenación de Bosques**

**Eje temático de Investigación** : **Inventario forestal**

**Lugar de Ejecución** : **Bosque Reservado de la UNAS**

**Duración** : **8 Meses**

**Inicio** : **08 de octubre 2018.**

**Fin** : **08 de mayo 2019.**

**Financiamiento** : **S/. 24 681,5**

**FEDU** : **NO**

**Propio** : **SI**

**Otro** : **NO**

## DEDICATORIA

Al Creador y a mis queridos padres: Don Adolfo Dionicio Espiritu y Dona Rosa María Machari Mateo a quienes les debo la vida y su incondicional apoyo en todo momento. Muchas gracias viejitos queridos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Universidad Agraria de la Selva, por la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por los conocimientos adquiridos.

A mi Asesor y amigo Ing. Álvarez Melo, Jorge.

Al digno Jurado Calificador Ing. Ricardo, Ochoa Cuya, Roberth, Pecho de la Cruz, Jorge, Vergara palomino por sus consejos y contribuciones en mejorar el presente estudio.

A mi Hermano Ing. Benny H. Dionicio Machari por ser la primera persona en apostar y creer en mí.

A mi sobrino Ing. Elvis Medina Dionicio por compartir momentos difíciles y saber superarnos.

A mi amigo Condor Bartolo, por ayudarme en el trabajo de campo y compartir días de lluvias a pan y agua, te debo espero pagarte algún día amigo.

A mis amigos de clase Elver, Kevin, Samir y Paolo.

A mis compañeros, Tabare, Jose (mushinga), Margot y Karla por su presencia en este día

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
2.2. Antecedentes de la Investigación Silvicultural del BRUNAS .....	4
2.3. Antecedentes de estudios de biomasa realizados en la amazonia ..	7
2.4. Antecedentes de estudios de biomasa realizados en el Bosque Reservado de la UNAS .....	7
2.5. Generalidades de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	8
2.5.1. Aspectos dendrológicos.....	8
2.5.1.1. Propiedades tecnológicas del “Tornillo” .....	9
2.5.1.2. Densidad del “Tornillo” .....	10
2.5.2. Descripción botánica .....	10
2.5.3. Distribución de la especie.....	11
2.5.4. Ecología y hábitat .....	12
2.5.5. Fenología.....	12
2.5.6. Incremento medio anual (IMA) en diámetro y altura.....	12

2.6. Densidad de la madera .....	13
2.6.1. Medición de la densidad básica de la madera .....	13
2.6.2. Método para determinar densidad .....	14
2.7. Plantación forestal.....	14
2.7.1. Importancia de las plantaciones .....	15
2.8. Censo forestal .....	15
2.9. Medición forestal .....	16
2.10. Dasometría.....	17
2.10.1. Variables dasométricas .....	17
2.10.1.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP) .....	18
2.10.1.2. Altura del árbol.....	18
2.10.1.3. Árboles semilleros .....	21
2.10.1.4. Área basal .....	21
2.10.1.5. Volumen maderable.....	22
2.10.2. Variables ecológicas.....	24
2.10.2.1. Forma de copa.....	24
2.10.2.2. Calidad de fuste.....	25

2.10.2.3. Iluminación de copa.....	25
2.10.3. Clase diamétrica.....	26
2.10.4. Caracterización dasométrica .....	28
2.11. Biomasa forestal.....	28
2.11.1. Importancia de la biomasa.....	29
2.11.2. Métodos para estimación de biomasa .....	30
2.11.2.1. Método directo .....	30
2.11.2.2. Método indirecto .....	30
2.12. Ecuación alométrica .....	31
2.12.1. Elección de una ecuación alométrica .....	31
2.12.2. Ecuación alométrica de Chave <i>et al.</i> (2014), para estimar biomasa aérea.....	31
2.13. Errores de medición .....	32
2.14. Censo comercial en concesiones forestales .....	33
2.14.1. Concesiones forestales con fines maderables .....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	36
3.1. Descripción del área de estudio .....	36

3.1.1.	Ubicación geográfica .....	36
3.1.2.	Ubicación política .....	36
3.1.3.	Fisiografía.....	36
3.1.4.	Condiciones climáticas .....	37
3.1.5.	Recurso hídrico .....	37
3.2.	Materiales y equipos .....	37
3.3.	Metodología .....	38
3.3.1.	Para la determinación del número de individuos, área basal (m <sup>2</sup> ) y volumen maderable (m <sup>3</sup> ) por categoría diamétrica de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en el Bosque Reservado de la UNAS.....	39
3.3.1.1.	Variables dasométricas .....	40
3.3.1.2.	Variables ecológicas.....	42
3.3.2.1	Estructura diamétrica y distribución por categoría.....	43
3.3.2.	Para la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS. ....	44

3.3.3. Para la estimación del contenido de biomasa aérea de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, a través del método indirecto en el Bosque Reservado de la UNAS.M.....	45
IV. RESULTADOS .....	47
4.1. De la determinación del número de individuos, área basal (m <sup>2</sup> ) y volumen maderable (m <sup>3</sup> ) por categoría diamétrica de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, en el Bosque Reservado de la UNAS. ....	47
4.2. De la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS. ....	54
4.3. De la estimación del contenido de biomasa aérea de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, a través del método indirecto en el Bosque Reservado de la UNAS. ....	61
V. DISCUSIÓN.....	63
5.1. Sobre la determinación del número de individuos, área basal (m <sup>2</sup> ) y volumen maderable (m <sup>3</sup> ) por categoría diamétrica de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke. ....	63
5.2. Sobre la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	66

5.3. Sobre la estimación del contenido de biomasa aérea de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke, a través del método indirecto.....	68
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
VIII. ABSTRACT.....	71
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Propiedades tecnológicas del “Tornillo” .....	9
2. Clasificación de la densidad.....	14
3. Forma de copa.....	24
4. Evaluación de calidad de fuste .....	25
5. Iluminación de copa .....	26
6. Categorías silviculturales evaluadas .....	40
7. Clase diamétrica de individuos evaluados .....	47
8. Datos del área basal ( $m^2$ ) por clase diamétrica de árboles vivos y secos en pie.....	49
9. Datos del volumen comercial ( $m^3$ ) por clase diamétrica .....	51
10. Área basal ( $m^2$ ) y volumen comercial aprovechable ( $m^3$ ) según el DMC.....	53
11. Datos estadísticos de variables cuantitativas.....	54
12. Calidad de fuste de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	55
13. Forma de copa de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	57

14. Iluminación de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	58
15. Estado fitosanitario de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	60
16. Valores obtenidos de biomasa según Chave <i>et al.</i> (2014).....	61
17. Clase diamétrica general .....	85
18. Clase diamétrica de árboles vivos .....	86
19. Coordenadas UTM de los vértices del BRUNAS .....	87
20. Coordenadas UTM de los hitos instalados.....	88
21. Formato de recolección de datos (1) .....	89
22. Formato de recolección de datos (2) .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama porcentual de los árboles evaluados .....	48
2. Datos porcentuales del área basal de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke .....	50
3. Volumen % y volumen comercial (m <sup>3</sup> ) por clase diamétrica de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke .....	52
4. Volumen comercial aprovechable según el Diámetro Mínimo de Corta.....	53
5. Histograma de datos estadísticos descriptivos .....	55
6. Diagrama de calidad de fuste .....	56
7. Diagrama de copa de los árboles .....	57
8. Diagrama porcentual de la iluminación de los árboles.....	58
9. Cantidad de árboles por clase diamétrica .....	59
10. Estado fitosanitario de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke.....	60
11. Histograma de Biomasa.....	62
12. Histograma de frecuencia del DAP .....	90

13. Histograma de frecuencia de la altura comercial (m).....	90
14. Histograma de frecuencia de la altura total (m) .....	91
15. Histograma de frecuencia del área basal (m <sup>2</sup> ) .....	91
16. Histograma de frecuencia del volumen comercial (m <sup>3</sup> ).....	92
17. Diagrama de dispersión del volumen comercial (m <sup>3</sup> ).....	92
18. Características para evaluar la iluminación de copa.....	93
19. Características para la evaluación de forma de copa .....	94
20. Equipo y herramienta de campo .....	95
21. Hitos preparados para la instalación.....	95
22. Placa de metal galvanizado (10 cm *15 centímetros).....	96
23. Instalación de Placas .....	96
24. Instalación de hito N° 2 .....	97
25. Medición del DAP (árbol maduro).....	97
26. Medición del DAP (fustal).....	98
27. Medición de distancia .....	98
28. Observación del árbol con clinómetro.....	99
29. Árbol maduro .....	99

30. Árbol fustal .....	100
31. Árbol semillero .....	100
32. Medición de longitud aprovechable de árbol caído .....	101
33. Material de campo (Mapas de ubicación de las subparcelas).....	101
34. Mapa de ubicación de las subparcelas del BRUNAS .....	102
35. Mapa de ubicación de las Hitos instalados en el BRUNAS.....	103
36. Mapa de recorrido de las subparcelas del BRUNAS .....	104
37. Mapa de dispersión de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformes</i> (Ducke) DUCKE, del BRUNAS.....	105

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Formula	Página
1. Estimación de altura .....	20
2. Área basal ( $m^2$ ) .....	22
3. Estimación del volumen ( $m^3$ ). .....	23
4. Para la determinación del número de clases diamétricas.....	27
5. Densidad básica .....	46

## RESUMEN

En esta investigación se determinó las características dasométricas y estimación de la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformes* (Ducke) Ducke, del BRUNAS como resultado se obtuvo 925 árboles en total, 592 son árboles maduros con 2,75 árbol/ha, 333 árboles fustales con 1,53 árbol/ha, el área basal total estimado es de 299,33 m<sup>2</sup> con 1,38 m<sup>2</sup>/ha. El volumen maderable total es 3.350,67 m<sup>3</sup> rollizos con 15,43 m<sup>3</sup>/ha 854 son arboles vivos en pie, 21 árboles fueron considerados semilleros, 47 árboles son secos en pie y 3 árboles caídos, asimismo según el DMC establecido para esta especie se determinó que 351 árboles cumplen con el DMC con área basal total de 213,77 m<sup>2</sup> con 0,98 m<sup>2</sup>/ha y un volumen comercial aprovechable de 2.469, 86 m<sup>3</sup> con 11,37m<sup>3</sup>/ha se determinó que los valores promedios de las variables dasométricas para los arboles vivos en pie son: DAP 57,13 cm, altura comercial 15,58 m, altura total 29,22 metros, área basal 0,33 m<sup>2</sup> y volumen comercial 3,68 m<sup>3</sup>. El 40,9% de los árboles fuste regular, el 57, 3% tiene buen fuste, y 1,8% fuste malo; forma de copa irregular con iluminación emergente. Se estimó la biomasa aérea total en 2.581,37 toneladas con 13,43 toneladas/ha siendo las categorías de evaluación, árbol maduro, semillero y fustal con 2.541,14 toneladas, 164,51 toneladas y 145,73 toneladas de biomasa aérea, con un promedio 13,16; 11,70 y 0,67 toneladas/ha, respectivamente.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el BRUNAS tiene la plantación de “Tornillo” más antigua de Sudamérica establecida en la década de 1950, esta plantación alberga una pequeña cantidad de árboles de “Tornillos”. En las últimas décadas, no se ha realizado investigación que involucre a toda el área del Bosque Reservado de la UNAS.

La escasa información cuantificable como la cantidad total de árboles, el estado actual de las variables dasométricas y la estimación de la biomasa aérea para esta especie, es reducida. Bajo estas apreciaciones se plantea la siguiente pregunta ¿Cuáles serán las variables dasométricas y estimación de biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, que contribuirán de información cuantificable en la caracterización de dicha especie?

Es preciso realizar la medición forestal pues en la actualidad no hay investigación en el BRUNAS exclusivamente para esta especie. Resulta relevante y propicia sentar las bases para dar inicio una secuencia ordenada para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

El presente trabajo de investigación tiene la finalidad de contribuir al conocimiento científico a través de la caracterización dasométrica y la estimación de la biomasa aérea de la especie en mención del Bosque Reservado de la UNAS, el cual permitirá complementar adicionalmente al registro de la plantación desde un aspecto general.

Bajo estas premisas se plantea los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

- Realizar la caracterización de variables dasométricas y estimación de la biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en el Bosque Reservado de la UNAS–Tingo María, Huánuco-Perú.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el número de individuos, área basal ( $m^2$ ) y volumen maderable ( $m^3$ ) por categoría diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS.
- Determinar la situación actual de las variables dasométricas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS.
- Estimar el contenido de biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, a través del método indirecto en el Bosque Reservado de la UNAS.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Según Pérez *et al.* (2012) mencionan que, se realizó un estudio dasométrico y se estableció la aptitud de lugar, en 8 plantaciones de *Swietenia macrophylla* King, en PPM en el trópico de México. Las áreas evaluadas mostraban edades de 7 y 16 años, con individuos desde 156 y 1.111 árboles/ha; la permanencia fue de 40% a 100%, alturas a partir de 4,39 metros a 23,45 metros, área basal de 2,3 m<sup>2</sup>/ha a 15,7 m<sup>2</sup>/ha, y volumen con corteza de 14 m<sup>3</sup>/ha a 185 m<sup>3</sup>/ha.

Según Valenzuela *et al.* (2011) dicen que, se realizó un estudio en lugares estratégicos para muestrear (dos lugares), el estado de Coahuila México fundamentalmente importante por su producción de carbón, las cualidades dasométricas para esta especie *Prosopis* sp.

Asimismo los autores dicen que, el resultado en el estado de Coahuila tiene 73.87 ha protegidas por rodales puros de mezquite y 3.803,15 ha son ocupadas por matorral desértico micrófilo, en el que también se desarrolla el género *Prosopis*, en estudios dasométricos llevados a cabo en los municipios de Viesca y San Pedro de las Colonias, se obtuvo datos de densidad de población de 867 y 567 individuos/ha respectivamente, con 1,64 y 39,71 m<sup>3</sup>/ha de madera comercial.

Pezo (2017) realizó una investigación conformada por todos individuos maderables de la especie “Tornillo” *Cedrelinga cateniformis* Ducke a partir de un DAP de 60 cm que se encuentran en 2 tipos de bosque de la cuenca del río Yaraví Mirim, Ramón Castilla, Loreto. En el bosque de “colina baja” ligeramente disectada de 500,2 ha y el bosque de “colina baja moderadamente disectada” de 446,3 ha, en la parcela de corta anual N° 6 de la concesión forestal IQU/CJ-065-04 en la cuenca del Yavari mirin. Los resultados muestran que el bosque de “colina baja moderadamente disectada” presenta menor número de individuos con un total de 52 árboles y 1,24 m<sup>3</sup> /ha, mientras que el bosque de “colina baja ligeramente disectada” presentó un total de 55 árboles y 0,99 m<sup>3</sup> /ha.

El mismo autor menciona que, la media aritmética del DAP del bosque de “colina baja ligeramente disectada” fue de 92,78 cm, con una desviación estándar de 15,78 y una varianza de 248,99 no obstante el bosque de “colina baja moderadamente disectada” presentó una media de árboles de 101,63 centímetros, una desviación de 22,14 y una varianza de 490,08.

## **2.2. Antecedentes de la Investigación Silvicultural del BRUNAS**

Burgos (1955) indica que, la plantación de “Tornillo” “establecida en 1950 por el mismo (Ingeniero Burgos Lizarzaburu José), en el periodo de vigencia de la Estación Experimental Agrícola Tingo María sembró esta especie forestal en fajas enfocadas de Este a Oeste cuyo lugar pertenece a geográficamente a “colina alta” desde los 720 y 760 msnm, utilizando brinzales de “Tornillo” que oscilan entre un año de edad.

El mismo autor dice que, “el trasplante” de la regeneración natural se realizó con “pan de tierra” para avalar el crecimiento. En las fajas se sembraron 108 plantas de “Tornillo” y 108 plantas de caoba (*Swietenia macrophylla*) en un área aproximada de una hectárea. Desgraciadamente las plantas de caoba no crecieron y prácticamente desaparecieron en el transcurso de 3 años.

Wadsworth (2000) indica que, esta plantación es conocida, por ser la más pretérita de la especie *Cedrelinga cateniformis* en Sudamérica, en la actualidad estos individuos tienen en promedio de 88 centímetros de diámetro y (IMA) de 1,69 centímetros con una altura comercial promedio 19,55 m con un incremento medio anual de 0,37 m y en altura total alcanzan los 30,30 m en promedio.

IIAP (1997) reporta que, en 1994 se encontraron en la plantación de “Tornillo” del BRUNAS solo 90 árboles sobrevivientes, incluyendo individuo de la regeneración natural, que se establecieron desde un inicio en la entre fajas recientemente se han hecho labores de limpieza en esta área, pero otras reportadas después de 1956 no se mencionan. Los árboles remanentes muestran su mala conformación, con bifurcaciones antes de los 4 m, aunque los diámetros alcanzados son muy buenos con un promedio de 1,30 m, esto a los 44 años aproximadamente.

El mismo autor menciona que, existen dentro de la plantación algunos ejemplares con un fuste recto hasta los 15 metros aproximadamente esta especie se viene conduciendo en el Perú desde 1955, iniciándose con ensayos de plantaciones de enriquecimiento en la Universidad de Tingo María.

Ruiz (2002) realizó una investigación en dos Parcelas Permanentes de Monitoreo (PPM) en lugares de SUPTE San Jorge y el BRUNAS a partir de diciembre 2001 a noviembre del 2002 consiguiendo como resultados en el crecimiento de diámetro, en Incremento Medio Anual de 4,87% para SUPTE y 4,76% para el Bosque Reservado de la UNAS y un crecimiento anual con una tasa promedio de 0,56 cm/año para SUPTE y 0,1 cm/año para el BRUNAS la mortalidad en las Parcelas Permanentes de Monitoreo, fue de 6,85% para SUPTE y 9,02% para el Bosque Reservado de la UNAS.

El mismo autor dice que, según el fuste los dos lugares de evaluación presentan la particularidad “comercial en el futuro”, con porcentajes de 77,65% y 70,08%; no obstante, la particularidad vivo en pie con fuste completo presentaron 86,32% y 84,98%; la iluminación de copa “emergente” alcanzó un 24,4% y 44,66%; la forma de copa “circulo irregular” es la más distintiva con 87,88% y 88,46%; la presencia de lianas “árbol sin lianas” alcanzó 50,78% y 70,43%. Correspondientemente para los dos lugares evaluados.

Valdivia (2009) realizó una investigación a partir de agosto 2007 a octubre del 2008, en el BRUNAS consiguiendo resultados sobre la calidad de fuste, forma de copa e infestación de lianas, prevalecen para latizal bajo y latizal alto, la particularidad “comercial en el futuro” con 47,23% y 51,59 %; la forma de copa “medio círculo” 35,70% y 35,43 %; en la infestación de lianas prevalece ninguna visible en la copa (no visible en la copa) con 98,19 % y 84,18 %; no obstante la “iluminación nada directa” predomina en latizal bajo con 50,53 % y para latizal alto es la de “iluminación oblicua” con 46,45 %.

### **2.3. Antecedentes de estudios de biomasa realizados en la amazonia**

Pallqui (2013) realizó una investigación de dinámica y biomasa aérea en una red de parcelas permanente de RAINFOR utilizando, ecuaciones alométricas establecidas por Chave *et al.* (2005), situado en el bosque húmedo tropical de la Reserva Nacional Tambopata, la evaluación de la biomasa aérea fue en promedio de  $296,17 \pm 33,92$  t/ha almacenada.

Pinedo (2015) realizó estudios en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de, 15, 35 y 43 años, en el “Centro de Investigación Enseñanza Forestal” (CIEFOR)-Puerto Almendra Iquitos. Utilizó el método no destructivo llamado también indirecto, empleando el modelo alométrico planteado por Higuchi y Carvalho en 1994 estimando valores de la plantaciones de 15 años con una biomasa de 244,43 t/ha, un contenido de carbono 122,21 tC/ha y un secuestro de CO<sub>2</sub> de 448,11 tCO<sub>2</sub>/ha; la plantación de 35 años con una biomasa de 921,18 t/ha, un contenido de carbono de 460,59 tC/ha y un secuestro de CO<sub>2</sub> de 1.688,82 tCO<sub>2</sub>/ha; mientras que la de 43 años con una biomasa de 700,89 t/ha, un contenido de carbono de 350,44 tC/ha y un secuestro de CO<sub>2</sub> de 1.284,96 tCO<sub>2</sub>/ha.

### **2.4. Antecedentes de estudios de biomasa realizados en el Bosque Reservado de la UNAS**

Mesías (2014) estimó biomasa por encima del suelo en el BRUNAS, utilizando ecuaciones alométricas propio de bosques tropicales desarrollada por Chave *et al.* (2005) para árboles mayores a 10 cm de DAP siendo estos

resultados en colina baja 84,25 t/ha, “colina alta” 148,58 t/ha “montaña” 68,38 t/ha en promedio es de  $109,97 \pm 25,42$  t/ha el promedio de carbono acumulado en el en los árboles es de  $50,20 \pm 12,26$  tC/ha expandiéndose de acuerdo a la fisiografía que presenta, “colina baja” con valores de 42,13 tC /ha, y “colina alta” 74,29 tC/ ha.

Soto (2016) estimó biomasa aérea en dos PPM del Bosque Reservado de la UNAS mediante ecuaciones alométricas específicas de selvas húmedas del Trópico desarrolladas por Chave *et al.* (2014) la familia Fabaceae con (54,12 t/ha), representado por una abundancia y riqueza media (S= 14, A= 32) fijada a partir de especie *Cedrelinga cateniformis* (Fabaceae), con un diámetro 127,42 cm y una densidad media de 0,504 g/cm<sup>3</sup> acumulando biomasa aérea (18,51 Mg/ha).

## **2.5. Generalidades de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke**

### **2.5.1. Aspectos dendrológicos**

#### **a) Taxonomía**

Cronquist (1981) plantea que, pertenece “al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Fabales, familia Mimosaceae, género *Cedrelinga* y especie *Cedrelinga cateniformis* “(Ducke) Ducke.

#### **b) Nombre Regional**

JUNAC 1981 denomina según el lugar “Aguano” en Cuzco y Puno “Cedro Mayna” en Oxapamapa y Pozuzo “Huairacspi” en Satipo e Iquitos “Tornillo” en Tingo María, Pucallpa.

### c) Nombres Internacionales:

“Achapo” en Colombia, “Seique, Tsai, Chuncho” en Ecuador, Así también como “Pino Peruano” según (Reynel *et al.* 2003).

Según López (1970) la especie es conocida en el Perú como “Tornillo, Huayra caspi, Aguano Cedro Mayna” en el centro de la selva como “Huayra caspi”, y “pino peruano” en la amazonia; con este nombre se utiliza para ser comercializado internacionalmente de acuerdo a (Reynel *et al.* 2003).

#### 2.5.1.1. Propiedades tecnológicas del “Tornillo”

Según INIA (2019) indica que, las propiedades tecnológicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke, es como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades tecnológicas del “Tornillo”

Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,45
Contracciones:	
Tangencial	3 - 7%
Radial	1 – 3,17%
Volumétrica	3,90 – 10,65%
Relación T/R	2,2
Dureza	Semidura y semipesado
Color	Albura crema y duramen marrón rojizo
Grano	Recto entrecruzado
Textura	Gruesa

Fuente: INIA (2019)

### **2.5.1.2. Densidad del “Tornillo”**

Según Aróstegui *et al.* (1970) mencionan que, tiene densidad media (0,46 g/cm<sup>3</sup>) de color marrón claro, lustroso, de grano recto, textura gruesa y brillo pronunciado; sin veteado, con poros visibles de radios finos, es una especie sobresaliente, esta de madera es aceptado en fabricación de carpintería, construcciones navales, carrocerías, muebles, ebanistería, puntales y juguetería. Ciertos lugares del Amazonas del Perú, optan por realizar plantaciones de carácter forestal, se necesita mayor estudio de esta especie y entender su comportamiento y elegir adecuadas decisiones silviculturales.

### **2.5.2. Descripción botánica**

Según Reynel *et al.* (2003) señalan que, posee hojas compuestas bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral, de unos 30 a 40 cm de longitud, el pecíolo de unos 6 a 30 cm de longitud, las hojas usualmente con 4 pinas, las zonas de articulación de las pinas con una glándula de unos 2 a 5 mm de diámetro, las láminas foliares ovadas, asimétricas, de unos 4 a 15 cm de longitud y 2 a 9 cm de ancho, enteras, el ápice acuminado, la base aguda e inequilátera, la nervación pinnada con 5 a 7 pares de nervios secundarios, nervios terciarios muy paralelos y transversales al nervio central, con hojas glabras.

Los mismos autores dicen que, tienen Inflorescencias en panículas de 12 a 30 cm de longitud conteniendo numerosas cabezuelas agrupadas en manojos, cabezuelas de 2,5 a 3,5 cm de longitud con pedúnculos de 1 a 2 cm de longitud, con flores pequeñas, hermafrodita, de 1 a 1,5 cm de longitud,

actinomorfas, cáliz pequeño, de 1 a 2 mm de longitud, la corola de 4 a 5 mm de longitud, tubular, con 5 dientes; con muy numerosos estambres de 1 a 1,5 mm de longitud, el pistilo único con un largo y estigma obsoleto. Además, presenta frutos legumbres muy largas y aplanadas, de 30 a 40 cm de longitud y 2 a 3 cm de ancho, con 6 a 15 semillas, la legumbre estrechada entre las semillas y revirada helicoidalmente que al ser visto de lejos semejan grandes "Tornillos", de ahí el nombre común de esta especie.

El Castañero (1998) menciona que, esta especie es dominante en el bosque donde se crece, su altura fluctúa entre 25 a 40 metros que depende de la "calidad de sitio" la altura comercial está en 15 a 25 metros y el DAP en 60 a 150 centímetros; por otro lado, el ahusamiento varía entre 22 y 24 centímetros entre el diámetro mayor y menor.

CATIE (1999) indica que, este árbol es reconocida por la forma cilíndrica del fuste, sin alteraciones en la parte inferior, la corteza exterior con grietas y fisurada, color marrón rojizo o marrón oscuro, con hojas bipinnadas y foliolos muy asimétricos, frutos estrechos y alargados.

### **2.5.3. Distribución de la especie**

Esta especie se encuentra en "zona transicional" entre bosque muy húmedo - pre montano tropical a bosque húmedo tropical, se distribuye a una temperatura de 15° hasta los 38°C y precipitaciones que oscilan 2.500 a 3.800 mm al año con un nivel de altitud variante entre los 120 hasta los 800 msnm. (López, citado por IIAP 1997).

#### **2.5.4. Ecología y hábitat**

Según López (1970) dice que, el “Tornillo” se desarrolla en diversos tipos de suelos y climas, esta especie no exige que los suelos sean óptimos. Estos árboles se hallan en sitios lluviosos y constantes. Según a Reynel *et al.* (2003) indican que, respecto a los requerimientos de luz, es un árbol con predisposición a ser esciófita, ubicados en bosques primarios, con suelos arcillosos, constantemente ácidos, en áreas con buena escorrentía y con presencia de piedra, en algunos casos sin ella.

#### **2.5.5. Fenología**

Aróstegui y Díaz (1992) indican que, a partir del florecimiento a la madurez del fruto tarda 5 meses aproximadamente. En algunas zonas de la Amazonas se ha constatado que la obtención de semilla usualmente no es al año, ciertos árboles a veces no producen semillas, hay localidades, donde no producen frutos Reynel *et al.* (2003).

#### **2.5.6. Incremento medio anual (IMA) en diámetro y altura**

IIAP (1997) indica que, en Brasil en una plantación establecida entre junio de 1962 y julio de 1966, evaluadas durante un periodo de 12 años, con un suelo arcilloso arenoso se obtuvo un IMA de 1,60 metros de altura y un diámetro de 1,9 centímetros en un año, dicha investigación fue realizada a campo abierto el propósito de alcanzar resultados representativos en la especie *Cedrelinga cateniformis*, asimismo las diferentes investigaciones realizadas en Perú a partir de 1976 en sectores experimentales como el Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera obtienen valores de incremento medio anual entre 1,4 y 1,6

centímetros en diámetro, alturas entre 1,6 y 2,3 metros, con suelos tipificados como arcillosos, limo-arcillosos, arcillosos-arenosos y franco-arcillosos. Según Schwyzer (1981) menciona que, las plantaciones del Perú alcanzan generar en promedio de 15 a 20 m<sup>3</sup>/ha/año, en contraste al bosque natural donde se hallan 1 m<sup>3</sup>/ha/año aproximadamente.

## **2.6. Densidad de la madera**

Según Chave (2006) dice que, existen diferentes definiciones en cuanto a la densidad de madera. Un forestal mide el peso seco de un establecido volumen de madera “secado con aire, con equipo especializado (estufas de aire) para eliminar la humedad”. Cada país rige sus propias normas para el secado, la convención de “secado con aire” varía: la fracción de agua restante en la muestra de madera puede ser del 12% al 15%. La ausencia de concordancia e igualdad de principios para utilizar una metodología estándar crea confusiones en la literatura científica.

### **2.6.1. Medición de la densidad básica de la madera**

Según Aróstegui (1982) muestra que, la densidad de la madera está directamente relacionado con las propiedades mecánicas como, por ejemplo, resistencia a la flexión, dureza, etc., dice que la madera con densidad alta es significativo y necesario en la fabricación de material de pisos como el parquet, densidad baja, como el palo de balsa, utilizado como elemento aislante, las particularidades más destacadas de la madera es su baja densidad en contraste con su gran resistencia mecánica, corresponde a la agrupación de las maderas según su densidad básica, es así como lo agrupa en cinco grupos de densidad básica, descritas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la densidad

Grupo	Densidad Básica	Clasificación
I	“ Densidad Menor de 0,30 g/cm <sup>3</sup> ”	Muy baja
II	“Densidad de 0,30 g/cm <sup>3</sup> a 0,40 g/cm <sup>3</sup> ”	Baja
III	“Densidad de 0,41 g/cm <sup>3</sup> a 0,60 g/cm <sup>3</sup> ”	Media
IV	“ Densidad de 0,61 g/cm <sup>3</sup> a 0,75 g/cm <sup>3</sup> ”	Alta
V	“Densidad mayor de 0,75 g/cm <sup>3</sup> ”	Muy alta

Fuente: Aróstegui (1982)

### 2.6.2. Método para determinar densidad

Según INACAL (2014) establece que, la Norma Técnica Peruana fue hecho por el Comité Técnico de Normalización de Madera y carpintería aprobada como Norma Técnica NTP 251.011:2014 Madera. Asimismo, la citada norma indica que la densidad básica se forma a través del cociente entre el peso anhidro de la probeta y el volumen en estado saturado proporcionado y las unidades son g/cm<sup>3</sup>.

### 2.7. Plantación forestal

Según artículo N° 11 de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre indica que, las plantaciones forestales son ecosistemas forestales establecidos en principio por la mano del hombre, pudiendo ser oriundas o traídas de otros lugares, con finalidad de obtención de madera o productos forestales desemejantes a la madera, de protección, de restauración ecológica, de recreación, de provisión de servicios ambientales o cualquier combinación de los anteriores. No son plantaciones forestales los cultivos agroindustriales ni los cultivos agroenergéticos (MINAGRI 2011).

### **2.7.1. Importancia de las plantaciones**

Según MINAGRI (2005) menciona que, las contribuciones económicos, sociales, culturales y ambientales de las plantaciones forestales, ha incrementado ampliamente en las últimas décadas a nivel global, sin embargo, en el Perú se sigue padeciendo, en el sector forestal, de insuficiente inversión y bajos ingresos.

Asimismo, la misma institución menciona que, dada su intervención relativamente pequeña en el sector laboral y los ingresos nacionales, los encargados de tomar decisiones mencionan que tiene poca relevancia ya que no aporta en comparación con otros sectores que compiten por los restringidos presupuestos. Para subsanar esta situación, se propone el presente Plan Nacional de Reforestación, donde se realiza un análisis de los cálculos del valor de los productos y servicios de las plantaciones forestales.

### **2.8. Censo forestal**

Según el artículo N° 56 inciso C del Decreto Supremo N° 021 – 2015 indica que el “plan operativo” (PO), es la herramienta esencial de planificación forestal de corto plazo, posee como base fundamental de información al censo forestal que crea mapas y se obtiene relación de especies y se establecen en los instrumentos para el aprovechamiento e inspecciones oculares válido entre uno a tres años.

De acuerdo a los procedimientos de un Plan General de Manejo Forestal debe respetar el ciclo de recuperación y las áreas de aprovechamiento

establecidas para la UMF. Este instrumento puede corresponder a los niveles alto y medio de planificación MINAGRI (2015).

Según Padilla *et al.* (1992) indican que, la evaluación de la totalidad de individuos de una población demanda mucho trabajo, tanto físico y económico que es justificable en trabajos de investigación, puesto que la información recolectada en este censo podría servir como base para decidir sobre la eficiencia o precisión de otros trabajos de muestreo, los datos obtenidos en el inventario hipotéticamente representara a la población en su totalidad excluyéndose algún tipo de error estadístico es decir no existirá error de muestra, viéndolo de otro modo el inventario es más eficaz.

Cave la probabilidad que, en ciertos censos el objetivo se centre en obtener el volumen total, exclusivamente para una especie forestal es así que, el censo forestal podría ser considerado una herramienta de información del volumen de madera que existe en un bosque (Lentini, citado por Torres 2015).

## **2.9. Medición forestal**

Según Aldana (2008) dice que, es parte de la ciencia forestal que determina o estima los elementos de un recurso forestal sea del mismo árbol o del propio rodal, con la finalidad de predecir con precisión el volumen, la biomasa, la edad, el incremento, la producción y el surtido de un determinado recurso forestal, conocida también como dendrometría la importancia que tiene en la ciencia forestal, puesto que, puede ser entendida por el hecho, de la misma estar envuelta de alguna forma en diversas otras ramas, como son: en la Silvicultura, en el Manejo Forestal, en el Inventario Forestal, en la Economía Forestal, etc.

También el mismo autor menciona que, la Medición Forestal es el estudio, la investigación y el mejoramiento de los métodos para, la determinación de las dimensiones de árboles en pie o derribados y de productos de los mismos, tales como: trozas, tablas, etc., la determinación del volumen de los árboles y de los rodales, así como de sus productos, pudiendo ser volumen total o comercial, la determinación o predicción de relaciones de crecimiento de los árboles individuales, o de los rodales, así como de sus edades.

## **2.10. Dasometría**

La dasometría, como parte de la Dasonomía permite obtener las medidas de los árboles, como también determinar el volumen, desarrollo de los árboles y los bosques (Trillas, citado por Fuentes 2014).

La dasometría no es selectiva puesto que, no elige el tipo de pertenencia de la especie le importa si el individuo tiene los criterios mínimos de la variable. Esta ciencia establece que el árbol, arbusto o planta, es considerado como un valor numérico y por eso, debe ser considerado como unidad unitaria de cálculo Imaña (2011).

### **2.10.1. Variables dasométricas**

Según Juárez (2014) indica que, la conducta de cada elemento de una variable dasométrica del árbol usualmente no continua una tendencia de las curvas, puesto que las proporciones relativas dependen de la especie, del sitio y otros factores ambientales. De ahí que el desarrollo de un árbol pudiese mostrar diferentes medidas de altura, diámetro, volumen, área basal producto de variados componentes que no siempre pueden ser “controlados”.

### **2.10.1.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

Según Resolución Presidencial N° 06 - 2013 OSINFOR indica que, la medición se realiza a 1,30 metros respecto al ras del suelo, en el supuesto que esté presente aletas o desigualdad la medición se realizará a 1 y 1,5 metros de altura, la medición se realizara a 30 centímetros por encima del defecto o aleta. Antes de realizar la medición del DAP, se limpia el área o sección a medir dejando libre de protuberancias u obstáculos que afecten la medición. Para esta actividad se realiza con una persona de soporte OSINFOR (2013).

La Resolución de Dirección Ejecutiva N° 190 - 2016 - SERFOR –DE establece que, la medición propiamente dicha, es aplicable en árboles regulares, debiéndose realizarse la medición de la circunferencia a una altura de 1,30 m. con relación al suelo, el valor del diámetro; es obtenido de dividir la medida de la circunferencia entre 3,1416 ( $\pi$ ) SERFOR (2016).

Según la Resolución Jefatural N° 458 – 2002 - INRENA define el Diámetro mínimo de corta (DMC) como el estado óptimo para una especie forestal para ser aprovechable y establece en 61 centímetros el Diámetro mínimo de corta (DMC) para *Cedrelinga cateniformis* (“Tornillo”) INRENA (2002).

### **2.10.1.2. Altura del árbol**

La importancia dasométrica que tiene la altura constituye una de las variables necesaria al igual que el diámetro, el volumen de madera del árbol y sus componentes, sirven para determinar, explicar el proceso de crecimiento del árbol y su aumento volumétrico (Campos, citado por Imaña 2011).

Cancino (2012) dice que, en un árbol, casi siempre, se da alguna relación, generalmente llamadas relaciones alométricas, la más común en el sector forestal es la relación que existe entre la altura total del árbol y el diámetro a la altura del pecho (DAP) en términos generales, cuanto mayor es el diámetro mayor es la altura total del árbol, esta relación altura - DAP es detallada por una curva asintótica, generándose debido a que el incremento corriente anual en altura culmina (alcanza su máximo) antes que el diámetro a la altura del pecho.

Así también el mismo autor menciona que, es costosa y en gran parte complicado la estimación de la altura, todo lo contrario, sucede con el diámetro a la altura del pecho. En consecuencia, puesto que existe una relación entre ambos, es mejor, más práctico y económico realizar un muestreo de los árboles, medirles la altura y el DAP, ajustar una relación entre esas variables y luego estimar la altura de cualquier árbol en el rodal a partir del diámetro fustal la relación puede ser afectada por la calidad de sitio y otros factores como el manejo, lo que la hace variar de un rodal a otro.

Según Loetsch *et al.* (1973) señalan que, la causa principal en la estimación de alturas es la determinación de la parte final extrema del árbol concurriendo esto a una actividad complicada, dificultosa al realizar evaluaciones como es el caso de los censos forestales, básicamente en bosques tropicales en contraste al DAP, la altura demanda de mediciones indirectas como el uso de instrumentos o estimaciones, lo cual determina generalmente una menor exactitud.

Según la CATIE (2001) menciona los siguientes pasos para el uso del clinómetro SUUNTO. La persona que visualiza el árbol debe posesionarse a cierta distancia considerable, respecto a la base del fuste y la altura que desea estimar este procedimiento consta en: primero determinar la distancia horizontal de la persona que visualiza con respecto al árbol, segundo utilizando la escala izquierda del clinómetro SUUNTO realizar una medición a la altura requerida y posteriormente a la base del árbol, se suma estas dos lecturas si el nivel de los ojos del observador se encuentra encima de la base del tronco, se subtrae los números si el nivel está debajo del tronco en el supuesto caso que la distancia sea exactamente veinte metros no requiere factor de corrección, si fuese mayor a veinte metros entonces se usara el factor de corrección que consiste en dividir la distancia recorrida entre veinte metros.

Según Wabo (2002) propone medir las aturas utilizando la siguiente fórmula trigonométrica, el cual no requiere factor de corrección de pendiente donde  $\alpha$  y  $\beta$  están expresados en grados, el cálculo utiliza la distancia desde los ojos hacia la base del árbol, como se muestran en la Fórmula 1.

Fórmula 1. Estimación de altura cuando  $\alpha$  es positivo y  $\beta$  negativo

$$H = \frac{d * \text{Sen}(\alpha + \beta)}{\text{Sen}(90 - \alpha)} \quad 1$$

H: Altura total del árbol (m)

d: distancia recorrida del observador (m)

sen: Razón trigonométrica (seno)

$\alpha$  y  $\beta$  : Ángulos expresados en grados

### **2.10.1.3. Árboles semilleros**

Según la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 190 – 2016 - SERFOR -DE menciona que, los árboles semilleros deben cumplir las siguientes características: “Iluminación de copa”, “forma de copa”, “calidad de fuste”, “estado sanitario”, presencia de lianas o bejucos el calificativo de 1 (siendo 1 el valor máximo de calidad optimo) SERFOR (2016).

Según la Resolución Presidencial N° 006 - 2013 - OSINFOR indica que, los árboles semilleros deben cumplir las siguientes características: “Calidad de fuste” bueno, “forma de copa” pudiendo asemejar a un círculo completo, buena o total “iluminación de la copa”, asimismo el árbol no debe tener presencia de bejucos, un “estado sanitario” sano y el estrato que ocupa cada árbol evaluado, podría ubicarse en posición superior OSINFOR (2013).

### **2.10.1.4. Área basal**

Prodan *et al.* (1997) mencionan que, el área basal es un indicador de la condición de desarrollo de un árbol y es utilizado frecuentemente, conocido como el área de la sección transversal de árbol medido a 1,30 metros al ras del suelo.

Los mismos autores mencionan que, el área basal, debido a la característica irregular no se mide directamente ya que la forma del fuste se aparta de la “forma circular”, ciertos fustes tienen diferencias no significativas para los casos prácticos, por otro lado, existen también otros fustes que tienen mayores alteraciones que aumentan al llegar a la base del árbol y generalmente al incrementar su edad.

Según Imaña (2011) indica que, el área basal es la parte transversal, del área de cualquier corte horizontal, realizado en el fuste del árbol, asumiendo que se realizara un corte a la misma altura de todos los árboles de un rodal se obtendría de forma hipotética el área transversal de ese rodal o bosque está expresada por la letra “g” como se muestra en la Fórmula 2.

Fórmula 2. : Área basal (m<sup>2</sup>)

$$g = \frac{\pi}{4} * DAP^2 \quad 2$$

Donde :

g: Área basal (m<sup>2</sup>)

π: 3,1416

DAP: Diámetro a la altura del pecho (cm)

#### **2.10.1.5. Volumen maderable**

Según Kometter y Maravi (2007) sustentan que, la totalidad del volumen de un árbol en pie se estima a 1,30 metros desde el nivel del suelo, con un factor de corrección de 0,65 para casos del Perú (factor de ajuste por cono truncado) el resultado se dice o indica en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

Según la Resolución Presidencial N° 006 – 2013 – OSINFOR indica que, para determinar el volumen en rollo de árboles en pie, tumbado o caído naturalmente se utiliza la siguiente Fórmula 3.

Fórmula 3. Estimación del volumen (m<sup>3</sup>).

$$V = \frac{D^2 * Hc * \pi + FF}{4} \quad 3$$

Donde:

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

D: Diámetro a la altura de pecho (m)

Pi: 3,1416

FF: 0,65 (según los lineamientos para elaboración de Plan Operativo)

Hc: Altura comercial (m)

El resultado obtenido en el estudio del potencial forestal de los bosques de Flor de Agosto, río Putumayo, fue de 131,90 m<sup>3</sup>/ha; las especies con mayor volumen por hectárea, ocupan más del 25% de la totalidad dentro de los que resaltan en la evaluación son: “*Schweilera sp.*” con 13,88 m<sup>3</sup>/ha; “*Virola sp.*” con 10,17 m<sup>3</sup>/ha; “*Pouteria sp.*” 6,03 m<sup>3</sup>/ha y “*Parkia sp.*” 4,87 m<sup>3</sup>/ha. La mayor concentración del volumen maderable fue en las primeras clases diamétricas acumulando aproximadamente el 60 % del total con un volumen de 84,20 m<sup>3</sup>/ha del volumen total (Acosta, citado por Fernández 2017).

Según INADE (2003) indica que, en el inventario ejecutado para la Zonificación Ecológica Económica del sector Mazán – El Estrecho, en un bosque de “colina baja”, en la zona de Mazán, registraron 41 especies, con 222 ind/ha. La cantidad de árboles disminuye partir de la 2da clase diamétrica, con un

volumen de 269,29 m<sup>3</sup>/ha, que corresponde a las especies: “*Jacaranda sp.*” con 27,95 m<sup>3</sup>/ha; “*Schweilera grandiflora*” con 26,42 m<sup>3</sup>/ha, “*Cedrelinga catenaeformis*” con 22,96 m<sup>3</sup>/ha; “*Iryanthera lancifolia*” con 22,07 m<sup>3</sup>/ha; y “*Brosimum acutifolium*” con 19,40 m<sup>3</sup>/ha.

Morales (2016) reporto un volumen maderable de 11,96 m<sup>3</sup>/ha y una valoración económica de S/. 3.001,81/ha para un bosque de “colina baja” de la concesión forestal 16-IQU/C-J-041 localizado en el valle del río Esperanza del distrito del Yavari Loreto.

## 2.10.2. Variables ecológicas

### 2.10.2.1. Forma de copa

Pinelo (2000) establece que, la “forma de copa” de un árbol es un indicador de fortaleza de un árbol, que dependerá de la especie, estado y desarrollo, los códigos para esta variable se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Forma de copa

Forma de copa	N° código
“Círculo completo”	1
“Círculo irregular”	2
“Medio círculo”	3
“Menos de medio círculo”	4
“Pocas ramas”	5
“Principales rebrotes”	6
“Vivo sin copa”	7

Fuente: Hutchison, citado por Pinelo (2000)

### 2.10.2.2. Calidad de fuste

Pinelo (2000) menciona que, representa la calidad y cantidad de trozas aserrables que se obtienen de un árbol ya que es importante en el proceso de extracción y su uso en los inventarios forestales casualmente, se coloca como unidad a ser anotado en estudios de PPM y evaluaciones de tasa de crecimiento, sin embargo, las anomalías que presenta el fuste está estrechamente vinculado con la futura producción de madera en varias categorías y puede verse alterada ciertas prácticas silviculturales.

Hutchinson citado por Pinelo (2000) clasifica a los fustes en seis clases descritos en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Evaluación de calidad de fuste

Clase de calidad de fuste	Nº código
“Comercial actualmente”	1
“Comercial en el futuro”	2
“Comercial en el futuro con base podrida”	3
“Deformado”	4
“Dañado”	5
“Podrido”	6

Fuente: Hutchinson, citado por Pinelo (2000)

### 2.10.2.3. Iluminación de copa

Gutiérrez (2006) indica que, en una investigación realizada en el Bosque Reservado de la UNAS en Parcelas Permanentes de Medición, entre los

meses de enero del 2002 reporto el 39,95% de fustales se caracterizaron por tener “iluminación oblicua”, seguidamente de “iluminación escasamente directa” con 20,34 % vertical parcial con 19,36% “plena vertical” 12,54 y “emergente” con 7,82%.

Según Pinelo (2000) dice que, el árbol puede presentar cinco casos: primero “Iluminación emergente”, cuando toda la copa recibe la luz durante todo el día. La luz penetra en ángulo de 45° por dos lados de la copa, segundo caso: Iluminación plena vertical, toda la copa recibe la luz vertical, tercer caso: parte de la copa recibe luz vertical, cuarto caso: parte de la copa en algún momento del día recibe luz en forma oblicua, debido a que se encuentra sombreada por el dosel superior, y quinto caso: arboles dominados que no reciben luz directa, como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Iluminación de copa

Iluminación de la copa	N°. código
“Emergente”	1
“Plena emergente”	2
“Vertical emergente”	3
“Iluminación oblicua”	4
“Nada directa”	5

Fuente: Hutchinson citado por Pinelo (2000)

### 2.10.3. Clase diamétrica

Lamprech (1962) menciona que, cuando existe gran cantidad de individuos dentro de una clase diamétrica inferior garantiza la prevalencia y

sobrevivencia de una especie, ya que contrariamente a este resultado indicaría que en algún momento del tiempo ya yo existirían.

CATIE (2002) menciona que, en variables cuantitativas, las clases o grupos para preparar la distribución de frecuencias se construyen en función de la variable, que el primer paso en la construcción de un cuadro de frecuencias para una variable continua es definir el número de clases o grupos que tendrá el cuadro.

También la misma institución dice que, el número de clases (K) depende del número de observaciones, el rango de los valores (valor máximo menos el valor mínimo) indica la precisión deseada al momento de calcular estadísticos y de cuanto deseo resumirlos datos. Una regla general basada en la experiencia indica que el número de clases debe ser normalmente entre 5 y 11 clases diamétricas.

Otra forma de determinar el número de clases es utilizando la fórmula de Sturges (1926) como se muestra en la Fórmula 4.

Fórmula 4. Para la determinación del número de clases diamétricas

$$K= 1+3.3*\text{Log} (n) \quad 4$$

Donde:

K: Número de clases

Log: Logaritmo en base diez

n: la población

#### **2.10.4. Caracterización dasométrica**

Morales (2004) dice que, la caracterización dasométrica y la evaluación de la capacidad productiva de las áreas forestales son tareas prioritarias para manejar dichos recursos, ya que permiten analizar la condición y el crecimiento de los árboles que componen el bosque y explicar y establecer comparaciones de las dimensiones como altura, diámetro y volumen de los bosques que crecen en diferentes condiciones de productividad. Esto proporciona una visión integral de las oportunidades silvícolas que es posible considerar en cada área.

#### **2.11. Biomasa forestal**

De acuerdo a Martinelli *et al.* (1994) dicen que, la materia de los vegetales representa la biomasa de un bosque y puede componerse en: “biomasa horizontal” (por encima del suelo), formada de árboles y arbustos; y “biomasa bajo el nivel del suelo”, formada por las raíces “la biomasa total” está representada por la adición de los elementos que lo conforman. La aproximación en cuanto a biomasa es importante en los estudios que están vinculados al reciclaje y stock de nutrientes, especialmente en los bosques.

Igualmente, los mismos autores mencionan que, realizar cálculos de acumulación de carbono vegetal se inicia a raíz de la estimación de la biomasa forestal puesto que el cincuenta % de la biomasa es carbono por lo tanto se puede realizar aproximaciones de la cantidad de  $\text{CO}_2$  que entra a la atmósfera al momento de cortar o quemar un bosque.

Brown *et al.* (1989) señalan que, evaluaciones de biomasa que involucran sectores regionales, nacionales e internacionales deben considerar que las muestras utilizadas como medio de estudio, según esta escala no garantizan representatividad.

Según Fearnside (1997) menciona que, la densidad utilizada para cálculos en la estimación de biomasa forestal, es la densidad básica (peso seco entre volumen húmedo) es un hecho que la densidad varía en un mismo árbol por ende en función a su longitud del fuste tendrá diferentes valores, importante para determinar la biomasa que esta almacena.

#### **2.11.1. Importancia de la biomasa**

Brown *et al.* (1996), dicen que, es importante porque contribuye en establecer las cantidades de carbono y demás elementos químicos fundamentales puesto que, cada elemento indica la cantidad potencial de carbono que puede ser soltado a la atmosfera, o conservado y fijado en una determinada superficie. Cuando los bosques son manejados pueden alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero.

Clark & Clark (1996) mencionan que, se da el caso que un árbol de 150 centímetros de diámetro puede acumular biomasa semejante a 607 árboles de diez centímetros de DAP específicamente en zonas de bosque tropical húmedos, los resultados que mejor garantizan menor error son aquellas que se encuentran en clases diamétricas pequeñas (10 a 20 cm) de ahí la importancia en la consideración de este grupo para la estimación de biomasa.

### **2.11.2. Métodos para estimación de biomasa**

En 1950 se iniciaron trabajos de estimación de biomasa en especies arbóreas en las regiones templadas, no obstante, en regiones tropicales las investigaciones son insuficientes motivo por el cual la información de biomasa es bajo (Pardé 1980).

Existen métodos directos como indirectos para estimar la biomasa los mismos que se describen a continuación.

#### **2.11.2.1. Método directo**

Comúnmente llamado destructivo, radica en cortar y pesar partes de muestras de biomasa extrapolando los resultados a extensiones mucho mayores. Se elige un árbol se mide sus dimensiones principales se corta y se determina la biomasa individualmente (raíces, fuste, ramas, y follaje) mediante el peso directo la biomasa de raíces se puede subdividir en categoría diamétricas (Ortiz, citado por Pinedo 2015).

#### **2.11.2.2. Método indirecto**

Fonseca *et al.* (2009) indican que, se usan técnicas de cubicación del árbol, sumando los volúmenes de la madera y pesando las muestras para establecer los mecanismos de conversión del volumen a peso seco a través de la densidad específica. La estimación de la biomasa a través de ecuaciones o modelos establecidos en estudios de regresión, donde se usa variables recolectadas en el lugar (DAP, crecimiento diamétrico, alturas comercial y total el área basal y la densidad específica de la madera).

## **2.12. Ecuación alométrica**

Es un instrumento matemático que facilita de manera práctica y sencilla, saber la cantidad de biomasa de un árbol midiendo otras variables. Las ecuaciones son formadas inicialmente por medio del análisis de regresión, estudiándose los vínculos que existen entre la masa del árbol (habitualmente masa anhidra) y demás datos dimensionales como diámetro a la altura del pecho y altura (Rugnitz *et al.* 2009).

### **2.12.1. Elección de una ecuación alométrica**

Clark *et al.* (2001) indican que, debido a la falta de ecuaciones propios de un lugar se propone utilizar ecuaciones que existen, creadas en situaciones similares al lugar, esto puede dar resultados muy buenos usualmente ocurre cuando los cálculos de trabajo en campo anteriormente son iguales en comparación a las apreciaciones del modelo.

### **2.12.2. Ecuación alométrica de Chave *et al.* (2014), para estimar biomasa aérea.**

Por su parte Chave *et al.* (2014), proponen un nuevo modelo que utiliza ecuaciones alométricas pantropicales, para establecer biomasa de los árboles, establecidos en Chave *et al.* (2005), estos nuevos modelos tuvieron como objetivo contribuir con las evaluaciones en campo sin tener que destruir ningún hábitat, sin embargo, el estudio estuvo sujeto a datos de cosechas destructivas directas, ajustadas para bosque húmedo lluviosos con precipitaciones >3.500 mm/año ,que estiman biomasa aérea en función a tres

variables requeridas altura total, DAP y densidad de la madera( $\rho$ ) como se muestra en la ecuación alométrica 1. La relación diámetro-altura depende linealmente de un compuesto bioclimático, que expresa el efecto de la tolerancia a la sequía, y a la variabilidad de la temperatura.

Ecuación alométrica 1. Chave *et al.* (2014).

$$\langle AGB \rangle_{est} = 0,0673 * (P_t D_t^2 H_t)^{0,976} \quad 1$$

Donde:

$\langle AGB \rangle_{est}$  = Biomasa área (kg/ha)

$P_t$  = Densidad de la madera (g/cm<sup>3</sup>)

$D_t$  = Diámetro a la altura del pecho (DAP)

$H_t$  = Altura total (m)

0,0673 = Coeficiente

0,976 =Exponente

### 2.13. Errores de medición

Aldana (2008) menciona que, se puede incurrir en diferentes errores al realizar lectura de algún dato, y se reduce al conocer el origen. El dominio del instrumento, equipos de trabajo contribuyen a que estos errores disminuyan, estos errores pueden ser catalogados como: errores sistemáticos, producidos falla de equipo o aparato de medición o por incapacidad del operador, se repiten con cierta frecuencia y siempre en un mismo sentido, esto es, en exceso o en defecto.

También el mismo autor menciona que, “los errores compensantes”, es cuando no participa el operante ni es error de equipo frecuentemente es superior en instrumentos de menor precisión, se producen al redondear cifras o al aproximar valores, son errores inherentes a los procesos de medición en que apenas se mide parte de la población y son provenientes de la variación existente entre las muestras tomadas, son estimables estadísticamente y no pueden ser evitados, a no ser que se tomen medidas de toda la población lo que, generalmente, es imposible, los errores accidentales, son aquellos errores causados por la lectura o la anotación de un valor, ya sea en las partes enteras o en las partes decimales del mismo.

#### **2.14. Censo comercial en concesiones forestales**

Según la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, en el Artículo 38,4 del Decreto Supremo N° 018 – 2015 establece que, los Inventarios o censos comerciales en áreas de aprovechamiento, es el proceso mediante el cual se registra información cualitativa y cuantitativa de los recursos forestales de las especies de interés comercial para el titular del título habilitante, en las áreas de aprovechamiento que involucre, entre otros, los individuos aprovechables, semilleros y de futura cosecha, con la finalidad de formular los planes operativos de manejo para el aprovechamiento en el corto plazo MINAGRI (2011).

##### **2.14.1. Concesiones forestales con fines maderables**

Según la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, en el Artículo 56, del Reglamento N° 018 – 2015 - MINAGRI menciona el otorgamiento

de concesiones forestales con fines maderables en bosques de producción permanente.

La Administración Regional Forestal de Fauna Silvestre plantea al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre el establecimiento de las unidades de aprovechamiento dentro del ámbito de los bosques de producción permanente, donde son ofrecidas a un público a través de concesiones forestales con fines maderables, estas se otorgan a personas naturales y jurídicas mediante procedimientos y lineamientos preliminarmente señalados por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna, en coordinación con las Administraciones Regionales Forestal de Fauna Silvestre, dicta los lineamientos para el otorgamiento de las concesiones forestales con fines maderables (MINAGRI 2015).

**a) CONTRATO N° 10-TIM/C-J-004-03**

La Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre de Tingo María, según la Resolución Administrativa 207 – 2017 – GR-DRA-HCO-ATFFS-TM autoriza al señor Juan Roger Chávez (concesionario forestal), el aprovechamiento forestal de la PC N° 13 del PO 03 en un área 284,57 ha, con un volumen de extracción 824,27 m<sup>3</sup> de 7 especies forestales aprobadas, cuyo PO tiene una duración de 03 años, con fecha de inicio octubre 2017 y fecha de finalización abril 2020, también, el resultado del censo forestal incluye 53 árboles de *Cedrelinga cateniformis* Ducke con un volumen por aprovechar 378,37 m<sup>3</sup> (ATFFS 2017).

**b) CONTRATO N° 10-TIM/C-J-003-03**

La Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre de Tingo María, mediante la Resolución Administrativa 112 – 2016 – GR-DRA-HCO-ATFFS-TM autoriza al señor Carlos Edmundo Muñoz Landa (concesionario forestal), el aprovechamiento forestal de la PC N° 04 del PO 03 en un área 378,15 ha con un volumen de extracción 5.474,42 m<sup>3</sup> de 41 especies forestales aprobadas, cuyo PO tiene una duración de 03 años, con fecha de inicio octubre 2016 y fecha de finalización abril 2019, también, el resultado del censo forestal incluye 38 árboles de *Cedrelinga cateniformis* Ducke con un volumen por aprovechar de 215,18 m<sup>3</sup> (ATFFS 2016).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Descripción del área de estudio**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

El trabajo de investigación se realizó en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva formado por una superficie de cobertura vegetal adecuada a selva alta, tiene 217,22 ha de superficie y un perímetro de 6,935.36 metros; cuya coordenada central UTM es 391359 Este - 8970545 Norte, con altitudes a partir 667 a los 1092 msnm. Puerta (2007).

##### **3.1.2. Ubicación política**

Región : Huánuco.  
Provincia : Leoncio Prado.  
Distrito : Rupa Rupa.  
Ciudad : Tingo María.

##### **3.1.3. Fisiografía**

El BRUNAS está constituido por componentes fisiográficos claramente establecidas como: Colina baja de aproximadamente 22,91 ha, colina alta con 150,74 ha, constituyendo el área de mayor extensión por último el área montaña de 43,57 ha, esta montaña se le denomina de Cerro Cachimbo

por carecer de vegetación propios de un bosque, gran parte del BRUNAS 70,74% tiene pendientes que sobrepasan el 25% lo que hace deducir que es una zona predominantemente de protección (Puerta 2007).

#### **3.1.4. Condiciones climáticas**

El clima de Tingo María presenta alta pluviosidad con precipitación anual promedio de 3.318,1 mm/ año las mayores precipitaciones se producen en los meses de setiembre a abril con temperatura máxima media anual de 29,5°C, con una variación mensual de 28,7 y 30,3 °C GOREHCO (2016).

#### **3.1.5. Recurso hídrico**

Según Dueñas (2009) dice que, cuenta con seis quebradas: “Córdoba”, “Cocheros”, “Naranjal”, “Asunción Saldaña”, “Del Águila” y “Zoocriadero”, tienen como origen la zona montaña de este bosque y desemboca en el río Huallaga. En su recorrido de Este a Oeste provee de agua a la UNAS, así como asentamientos humanos ubicados adyacentes a esta área como “Buenos Aires”, “Asunción Saldaña”, “Steven Erickson”, “Mercedes Alta”, “Quebrada del Águila” y “San Martín”.

### **3.2. Materiales y equipos**

Para asignar las coordenadas UTM de los árboles de “Tornillo”, recorrido y rutas de las subparcelas e instalación de los hitos se utilizó el GPS 62s Garmin, también para la medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) se utilizó una wincha, la distancia para observar el ápice del árbol una

wincha de 50 metros, para recolectar la información y posterior determinación de la altura total y comercial se utilizó el clinómetro suunto. Para la determinación de la densidad del “Tornillo” fue necesario, habilitar 36 probetas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, con dimensiones de 3 cm ancho; 3 cm espesor y 10 centímetros de longitud, se utilizó un vernier digital Truper Stainless Steely para medir sus dimensiones, para el peso diario de cada probeta se utilizó una balanza electrónica Ek 5055 y para el secado de las probetas, una estufa Memmert UN 110.

Para la digitalización y análisis del resultado un Equipo de cómputo portátil HP 4440S. y se utilizó una cámara digital Sony P900 16MP para la recolección de imágenes. Para el recorrido de las subparcelas se utilizó Material cartográfico: mapa ubicación escala 1:3000.

### **3.3. Metodología**

El método de investigación es “descriptivo y el nivel de investigación básico”, en primer lugar, se requirió información preliminar del BRUNAS en información digital (formato shape) que contiene las coordenadas UTM de los vértices del BRUNAS (ver Cuadro 20 del Anexo A).

Para realizar el diseño de las 11 “subparcelas” se utilizó el programa Arcgis 10,3 estas “subparcelas” tienen una orientación de N0°S - 90° E y de acuerdo al programa utilizado, cuatro “subparcelas” (1,2,3,4) tienen una superficie aproximada de 20 ha cada uno, el resto (5,6,7,8,9,10,11) tienen una superficie de 15,47 ha aproximadamente, con mayor detalle se ilustra en la Figura 34.del Anexo C.

La ubicación geográfica de los hitos instalados fue establecida en el programa Arcgis 10,3. Se colocó el hito número uno (00-00), con coordenadas UTM 390415 Este – 8969636 Norte, entre los límites de la UNAS y la asociación Afilador paralelo con la quebrada “Cocheros”.

Los hitos instalados están georreferenciados y señalizados, cuyas coordenadas UTM se muestran el Cuadro 20 del Anexo A, y el modelo del hito se ilustra en la Figura 24 del Anexo B. Se instalaron 15 hitos, para ello fue necesario trasladar material de construcción (arena, piedra y cemento), puesto que la base del hito es de concreto de 20 cm ancho por 20 cm de alto, la ubicación de los hitos se especifica en la Figura 35 del Anexo B.

**3.3.1. Para la determinación del número de individuos, área basal ( $m^2$ ) y volumen maderable ( $m^3$ ) por categoría diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en el Bosque Reservado de la UNAS.**

La información digital preliminar, se importó a la memoria del GPS (vértices, rutas) así como también el shape de las once subparcelas. Debido a las condiciones fisiográficas del BRUNAS se inició el recorrido de la primera subparcela (1) en dirección 90°E con una “faja” de aproximadamente 25 m de ancho y 400 metros de longitud, como se muestra en la Figura 36 del Anexo C.

Identificado el árbol de “Tornillo” se georreferenció la ubicación colocando el equipo GPS cerca del fuste del árbol, configurado en coordenadas UTM y Datum WGS 84 cada árbol tiene una codificación alfa numérica.

La población evaluada del Bosque Reservado de la UNAS estuvo constituida por árboles (vivos y secos en pie, como se muestran en la Figura 37 del Anexo C) de dos categorías silviculturales, distribuidas en toda la superficie del BRUNAS el mismo que se ilustra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Categorías silviculturales evaluadas

Categoría	Dimensiones del individuo
Fustal	DAP $\geq$ 10 hasta $\leq$ 39,99cm
Árbol maduro	DAP $\geq$ 40cm a más

Fuente: Camacho (2000)

Para el registro de campo, se utilizó formatos Excel, donde se anotó datos cuantitativos y cualitativos como se muestran en las Cuadros 21 y 22 del Anexo A.

### 3.3.1.1. Variables dasométricas

Los árboles evaluados tienen una placa amarilla de metal galvanizado (10 cm x 15 centímetros) con orificio acondicionado para el ingreso del clavo sujetador y presenta la siguiente información: N° de Resolución de ejecución de tesis N° de subparcela, categoría de árbol, N° de árbol, tal como se muestra en la Figura 22 del Anexo B.

#### a) Medición de diámetros de fuste (cm)

Se midió el DAP con una wincha (para árboles maduros) y cinta métrica para los fustales, con diámetros  $\geq$ 10 centímetros (1,30 metros al ras del suelo) donde se obtuvo el perímetro o circunferencia a la altura del pecho (CAP) que fue convertido en diámetro, dividiendo el CAP entre 3,1416 ( $\pi$ ), cabe

mencionar que se presentaron algunos casos donde el CAP se modificó por fallas o alteraciones en el fuste. Se marcó con pintura amarilla (spray) una parte del lugar de medición, asimismo, se midieron árboles secos en pie, y tres árboles caídos naturalmente, durante la medición forestal se identificaron y se marcaron árboles semilleros, de acuerdo a los criterios de evaluación como se mencionan a continuación:

Fuste: bueno, en lo posible recto que no presente alteraciones o daños, Copa del árbol de apariencia circular y simétrica la parte superior de la copa en su totalidad está libre no hay competitividad a los lados, iluminación total, no presenta lianas o bejucos, finalmente el estado sanitario óptimo.

#### **b) Estimación de la altura con clinómetro (°)**

Frente a la estimación de la altura del árbol se usó el clinómetro “suunto” en su escala gradual (°) se siguió los siguientes pasos:

Se ubicó a una distancia adecuada del árbol a partir del cual permitió visualizar mejor el ápice (20 a 30 metros) de distancia, se colocó el clinómetro verticalmente con uno de los ojos al visor, pero manteniendo los dos ojos abiertos, se observó con ambos ojos abiertos hacia la parte base, medio o superior del árbol a medir, se complementó con la medición entre el ángulo/altura a la que uno está midiendo respecto al suelo, a la medición efectuada.

Para determinar la altura total del árbol se utilizó la fórmula trigonométrica según Wabo (2002) que no requiere factor de corrección de pendiente, donde la distancia se mide desde los ojos del observador, hacia la

base del árbol, para este trabajo fue necesario recorrer distancias horizontales de 20 a 30 metros de distancia dependiendo, de la mejor vista de observación del ápice del árbol, en este caso se utilizó la Fórmula 1.

### **c) Área basal (m<sup>2</sup>)**

Para estimar, el área basal total (m<sup>2</sup>) de los árboles, se utilizó datos procesado en el Excel, estos se clasificaron de acuerdo a las categorías y estados de los árboles, la población esta estuvo compuesta por árboles fustales, árboles maduros, semilleros, como también, árboles fustales y maduros secos en pie, así también tres árboles caídos.

También se calculó el área basal según el diámetro mínimo de corta en este caso no se consideró a los árboles semilleros, ni a los árboles secos en pie y, se utilizó en ambos casos la Fórmula 2.

### **d) Volumen comercial (m<sup>3</sup>)**

Para estimar el Volumen comercial de los árboles se siguió el mismo principio del área basal, para ello se utilizó la Fórmula 3.

#### **3.3.1.2. Variables ecológicas**

Para la evaluación de las variables forma de copa e iluminación fue necesario utilizar las referencias de las figuras, los mismos que me muestran en la Figura 18 y 19 del Anexo B.

#### ✓ **Forma de copa (numeración)**

Para la evaluación de la variable de forma de copa se observó al árbol desde la base hacia arriba, considerando como si se tratara de una vista de planta, para ello se utilizó figuras que representan las copas (ver Figura 18 del Anexo B) y se asignó a través de una numeración (1 a 6) como lo indican los siguientes criterios de evaluación que se mencionan en el Cuadro 3.

#### ✓ **Calidad de fuste (numeración)**

Para la evaluación de la variable de calidad de fuste, se observó al árbol, si esta cumplía con los criterios establecidos, para ello se utilizó la numeración (1 a 6) el tipo de “calidad fuste” a la que pertenecía dependió de las condiciones del árbol estos criterios de evaluación se muestran en el Cuadro 4.

#### ✓ **Iluminación de copa (numeración)**

Para la evaluación, de la variable “iluminación de copa”, observamos al árbol y su incidencia lumínica, a una distancia considerable donde la vista frontal del árbol fue más visible y según a los criterios de evaluación (1 a 5) se le asignó un número, como se muestran en el Cuadro 5.

### **3.3.2.1 Estructura diamétrica y distribución por categoría**

El número de clases diamétricas dependió de los datos recolectados en campo, con los datos obtenidos se realizó las clases diamétricas, y se siguieron los pasos siguientes:

#### **a) Cálculo del rango (R)**

Rango = Observación mayor – Observación menor

**b) Cálculo del número de clases (m)**

Para realizar el cálculo del número de clases se utilizó programa Excel donde los datos fueron procesados utilizando la Fórmula 4.

**c) Cálculo del tamaño del intervalo de clases (TIC)**

Para realizar el cálculo del tamaño del intervalo de clases se dividió el rango entre el número de clases ( $R/m$ ).

**d) Cálculo de los límites de las clases**

Para formar la primera clase, se puso como límite inferior, el menor valor del diámetro encontrado en la muestra posteriormente se sumó a este el valor tamaño de intervalo de clase (TIC), obteniendo de esta manera el límite superior de la primera clase, luego se procedió a obtener los límites de la clase siguiente y así sucesivamente hasta obtener todas las clases diamétricas que correspondió a este trabajo de investigación.

**3.3.2. Para la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS.**

Se procesó los datos obtenidos en campo, para una población de 875 árboles en pie. El análisis estadístico se realizó a través de herramienta ofimática que proporcionó los estadísticos descriptivos de la población evaluada, las variables cuantitativas como: alturas (comercial y total), diámetro a la altura del pecho, etc., fueron ordenados por clase diamétrica, obteniendo valores

promedios totales y por hectárea. Del mismo modo para las variables cualitativas se utilizó los datos registrados en el Excel y se utilizó los criterios de evaluación de acuerdo a las variables evaluadas.

**3.3.3. Para la estimación del contenido de biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, a través del método indirecto en el Bosque Reservado de la UNAS.**

Se usó el método no destructivo indirecto debido a limitación de tiempo y economía, así mismo, la investigación tiene una orientación conservacionista al no alterar el recurso bosque.

La técnica de recolección de datos, fue básicamente, la medición forestal, para ello se utilizaron formatos elaborados en el Excel, donde se registró la información de cada individuo. La biomasa aérea se estimó en base a la ecuación alométrica, propuesta por Chave *et al.* (2014), para ello se utilizó los datos del diámetro a la altura del pecho (cm), la altura total (m), la densidad básica de la madera ( $\text{g/cm}^3$ ), así también cabe mencionar que la evaluación de la biomasa aérea se ajustó exclusivamente a árboles vivos.

La densidad básica de la madera, se obtuvo según la Norma Técnica Peruana (NTP) 251. 011: 2014, donde establece las dimensiones de las probetas de 3 centímetros ancho por 3 centímetros espesor y 10 centímetros de longitud. Se utilizaron 36 probetas de *Cedrelinga cateniformes* (Ducke) Ducke, "Tornillo" cuya materia prima procede del BRUNAS. Estas probetas fueron saturadas hasta obtener un peso constante, el volumen húmedo de dichas probetas, se determinó través de la medición indirecta por inmersión en agua utilizando el

principio de Arquímedes que consistió, en introducir las probetas en un vaso precipitado con agua evitando tocar la base del depósito, registrando el incremento de peso, el cual, representó el volumen de la probeta sumergida.

Posteriormente, se colocaron las probetas en la estufa a una temperatura de  $103^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$  hasta conseguir el peso constante (psh), secuencialmente, estas probetas se retiraron de la estufa, se dejaron enfriar por medio del desecador evitando de esa que las probetas adsorban la humedad del medio. El peso de las probetas se obtuvo en gramos por lectura directa en la balanza con exactitud requerida.

La densidad básica de *Cedrelinga cateniformes* Ducke (Ducke), se determinó entre el peso de la probeta anhidra y el volumen en estado saturado y se expresa en g/cm como se muestra en la Fórmula 5.

$$DB = \frac{PSH \text{ (g)}}{VH \text{ (cm}^3\text{)}} \quad 5$$

Donde:

DB = Densidad básica (g/cm<sup>3</sup>)

PSH = Peso seco al horno (g)

VH = Volumen húmedo (cm<sup>3</sup>)

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. De la determinación del número de individuos, área basal (m<sup>2</sup>) y volumen maderable (m<sup>3</sup>) por categoría diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en el Bosque Reservado de la UNAS.

Se contabilizó en total 925 árboles en pie, entre árboles vivos y secos, 540 son árboles vivos, 28 son árboles maduros secos en pie, 314 son fustales vivos, 19 son fustales secos en pie, 21 árboles fueron considerados semilleros y tres son árboles caídos, detallados en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Clase diamétrica de individuos evaluados

Clase diamétrica	Árboles						Nº de Individuos
	Vivos			Secos		Caídos	
	F	AM	S	F	AM	AM	
[11,46 - 25,63]	145			3			148
[25,64 - 39,81]	168			16			184
[39,82 - 53,99]	1	127			11	1	140
[54,00 - 68,17]		126			11		137
[68,18 - 82,35]		133	3		3	1	140
[82,36 - 96,52]		62	10		2		74
[96,53 - 110,70]		48	4			1	53
[110,71 - 124,88]		23	2				25
[124,89 - 139,06]		15	1				16
[139,07 - 153,24]		4					4
[153,25 - 167,44]		2	1		1		4
Promedio	104,67	60,00	3,50	9,50	5,6	1,00	84,09
Árbol/ha	1,45	2,49	0,10	0,09	0,13	0,01	4,26
Total general	314,0	540,0	21,0	19,0	28,0	3,0	925,0

F: fustal, AM: árbol maduro, S: árbol semillero []; Intervalos cerrados

Se determinó que el 58,37% de árboles son maduros vivos, el 33,94% son fustales vivos, el 2,27% árboles considerados como semilleros, así también el 3% son árboles maduros secos en pie 2,54% fustales secos en pie, y el 0,32% es árbol caído, el que se grafica en la Figura 1.

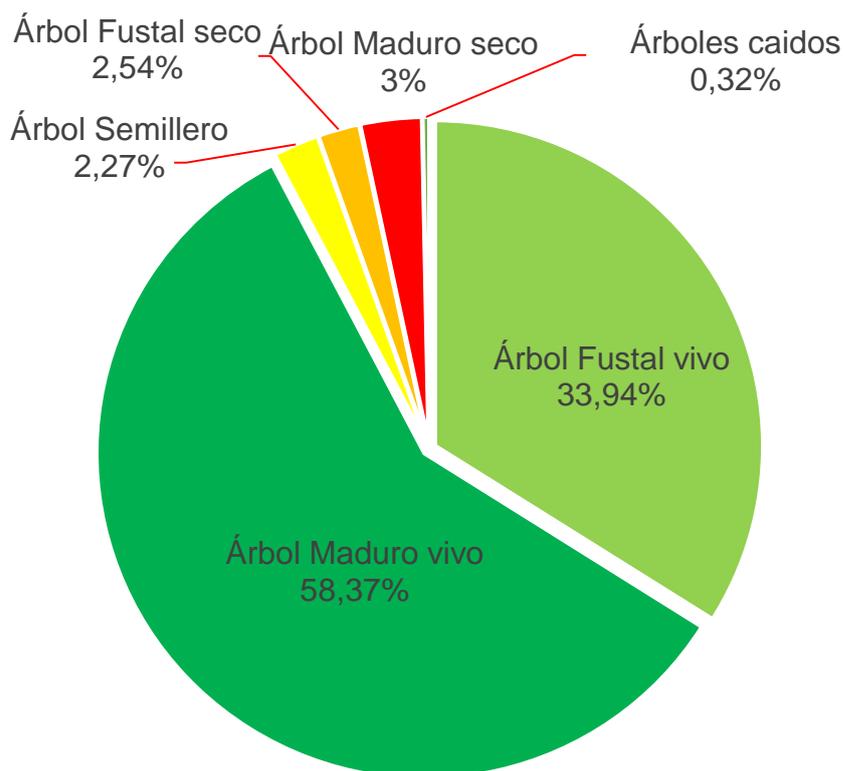


Figura 1. Diagrama porcentual de los árboles evaluados

Se estableció el área basal total para los árboles maduros en: 251,54 m<sup>2</sup> con 1,158 m<sup>2</sup>/ha, así mismo el área basal fustal de 18,69 m<sup>2</sup> con 0,086 m<sup>2</sup>/ ha, también se estimó el área basal total de árboles semilleros en: 16,63 m<sup>2</sup> con 0,077 m<sup>2</sup>/ha, paralelamente se estimó el área basal total de los árboles maduros secos en pie en 9,65 m<sup>2</sup> con 0,044 m<sup>2</sup>/ha, y también el área basal fustal seco en 1,37 m<sup>2</sup> con 0,01 m<sup>2</sup>/ha, explicados en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Datos del área basal (m<sup>2</sup>) por clase diamétrica de árboles vivos y secos en pie

Clase diamétrica	Área basal (m <sup>2</sup> )						Σ AB m <sup>2</sup>
	Vivos			Secos		Caídos	
	F	AM	S	F	AM	AM	
[11,46 – 25,63]	4,55			0,13			4,68
[25,64 – 39,81]	14,01			1,24			15,25
[39,82 – 53,99]	0,13	21,73			1,77	0,18	23,80
[54,00 – 68,17]		37,06			3,22		40,28
[68,18 – 82,35]		59,45	1,48		1,29	0,38	62,61
[82,36 – 96,52]		30,68	4,90		1,17		36,74
[96,53 – 110,70]		47,70	4,75			0,89	53,34
[110,71 – 124,88]		24,40	2,35				26,75
[124,89 – 139,06]		20,13	1,29				21,42
[139,07 – 153,24]		6,51					6,51
[153,25 – 167,44]		3,89	1,86		2,00		7,79
Promedio	6,23	27,95	2,77	0,69	1,93	0,48	27,21
AB/ha	0,086	1,16	0,08	0,01	0,04	0,01	1,38
Total general	18,69	251,54	16,63	1,37	9,65	1,45	299,33

Cm: centímetro, AB: área basal, F: fustal, AM: árbol maduro, S: semillero

Se fijó el área basal de los árboles maduros en 84%, fustales en 6,4% y semilleros en 5,55%, también el área basal para árboles maduros y fustales secos en pie en 3,22%, y 0,45 % respectivamente y así también el área basal para los árboles caídos en 0,48% gráficamente indicado en la Figura 2.

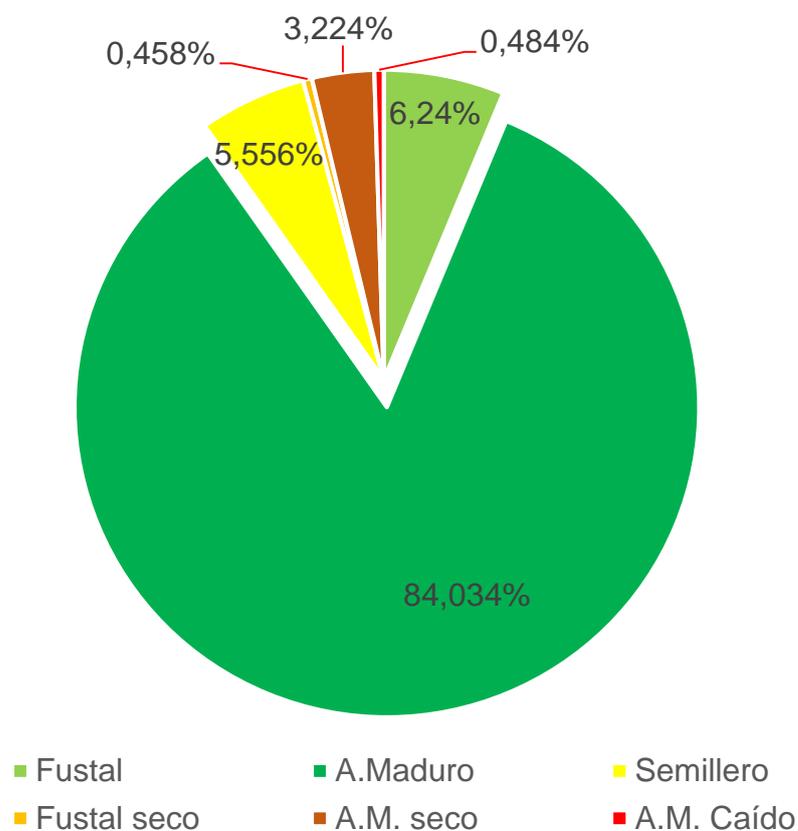


Figura 2. Datos porcentuales del área basal de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Se determinó el volumen comercial total para los árboles maduros vivos en: 2.884,89 m<sup>3</sup> con 13,28 m<sup>3</sup>/ha, igualmente el volumen comercial fustal total de 155,91 m<sup>3</sup> con 0,72 m<sup>3</sup>/ha, también se estimó el volumen comercial total de árboles semilleros en: 181,87 m<sup>3</sup> con 0,84 m<sup>3</sup>/ha, paralelamente se determinó el volumen comercial de los árboles maduros secos en pie en 96,03 m<sup>3</sup> con 0,44 m<sup>3</sup>/ha, y también el volumen comercial fustal en 12,06 m<sup>3</sup> con 0,06m<sup>3</sup>/ha, así mismo se estimó el volumen comercial total de los árboles caídos en 19,92 m<sup>3</sup> con 0,09 m<sup>3</sup>/ha, detallados en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Datos del volumen comercial (m<sup>3</sup>) por clase diamétrica

Clase diamétrica	Volumen comercial (m <sup>3</sup> )						$\Sigma$ Vol.m <sup>3</sup>
	Vivos			Secos		Caídos	
	F	AM	S	F	AM	AM	
[11,46 – 25,63]	33,86			1,26			35,12
[25,64 – 39,81]	121,36			10,81			132,16
[39,82 – 53,99]	0,69	241,36			17,21	1,31	260,57
[54,00 – 68,17]		430,20			24,48		454,68
[68,18 – 82,35]		687,89	17,62		9,79	4,09	719,39
[82,36 – 96,52]		348,20	56,40		8,01		412,61
[96,53 – 110,70]		557,81	42,15			14,51	614,47
[110,71 – 124,88]		269,12	27,28				296,40
[124,89 – 139,06]		235,54	14,33				249,87
[139,07 – 153,24]		70,12					70,12
[153,25 – 167,44]		44,66	24,08		36,54		105,28
Promedio	51,97	320,54	30,31	6,03	19,21	6,64	304,61
Vol./ha	0,72	13,28	0,84	0,06	0,44	0,09	15,43
Total general	155,91	2.884,89	181,87	12,06	96,03	19,92	3.350,6

Vol.: volumen comercial, F: fusta, AM: árbol maduro, S: semillero, ha: hectárea.

El 86,10 % del volumen comercial corresponden a los árboles vivos con 13,28 m<sup>3</sup>/ha, el volumen comercial fustal en 4,65% con 0,72 m<sup>3</sup>/ ha, el volumen comercial total de árboles semilleros en 5,43% con 0,84 m<sup>3</sup>/ha, asimismo, se estimó el volumen comercial de los árboles maduros secos en pie en 2,87 % con 0,44 m<sup>3</sup>/ha.

También el volumen comercial fustal seco en 0,36 % con 0,06 m<sup>3</sup>/ha, y el volumen comercial total de los árboles caídos en 0,59 % con 0,09 m<sup>3</sup>/ha, que se construye en la Figura 3.

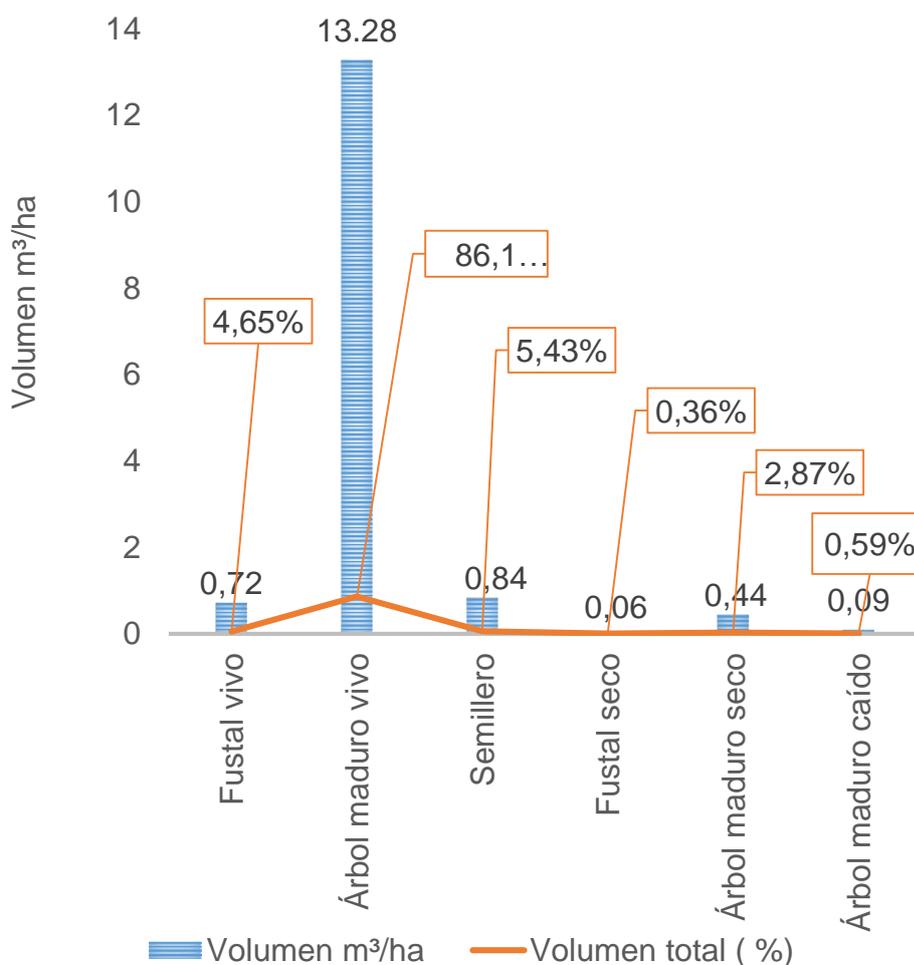


Figura 3. Volumen % y volumen comercial (m<sup>3</sup>) por clase diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

De acuerdo al Diámetro Mínimo de Corta (DMC) se contabilizó 351 árboles en condición aprovechable con un volumen comercial de 2.469,86 m<sup>3</sup>r con 11,37 m<sup>3</sup>r/ha en pie y el área basal total en 213,17 m<sup>2</sup> con 0,984 m<sup>2</sup>/ha, el que se especifica el Cuadro 10.

Cuadro 10. Área basal ( $m^2$ ) y volumen comercial aprovechable ( $m^3$ ) según el DMC

Clase diamétrica	Estado	Cant.	$\Sigma$ AB ( $m^2$ )	$\Sigma$ Vol. ( $m^3$ )
[61-160,43]	Aprovechable	351	213,77	2.469,86
Aprovechable/ha		1,616	0,984	11,37
Total		351	213,77	2.469,86

DCM: diámetro mínimo de corta Cant.: Cantidad de árboles

Según el Diámetro Mínimo de Corta se determinó que el 81,22% corresponde al volumen aprovechable de 3.040,80  $m^3$  con un área basal de 79,11% de 270,23  $m^2$  además, el 40,11 % de 875 árboles vivos están considerados dentro del DMC como se muestra en la Figura 4.

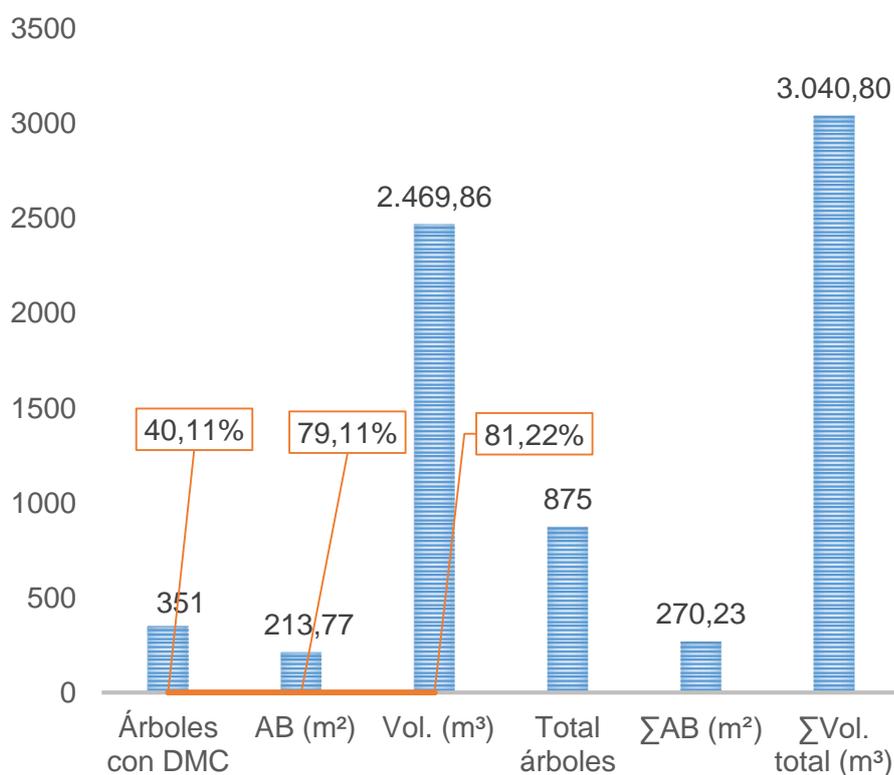


Figura 4. Volumen comercial aprovechable según el Diámetro Mínimo de Corta

**4.2. De la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS.**

Se realizó, el análisis estadístico de las variables dasométricas cuantitativas, para una población de 875 árboles vivos, obteniendo promedios en: altura total de 29,22 m, altura comercial, 15,58 m área basal 0,327 m<sup>2</sup>, volumen comercial 3,683 m<sup>3</sup> y DAP 57,12 cm que se detalla en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Datos estadísticos de variables cuantitativas

Parámetros Estadísticos	n	Media	Des.Est.	Coef. Var.%
Alt. Total (m)		29,22	±6,51	22,27
Alt. Comercial (m)		15,58	±6,02	38,63
Área Basal (m <sup>2</sup> )	875	0,327	±0,326	99,67
Vol. Comercial (m <sup>3</sup> )		3,683	±4,052	110,1
DAP (cm)		57,12	±30,21	52,88

Des. Est.: Desviación estándar, Coef. Var.: Coeficiente de variación, Alt.: Altura, Vol.: Volumen.

Se determinó la desviación típica porcentual, para el volumen comercial en 110%, área basal 99,67%, el DAP 52,88%, la altura comercial 38,63%, y la altura total en 22,27%.

Así también, valores promedio de altura total en 29,22m, altura comercial 15,58m, área basal en 0,33 m<sup>2</sup>, volumen comercial en 3,68 m<sup>3</sup> y DAP en 57,12 cm, como se muestra en la Figura 5.

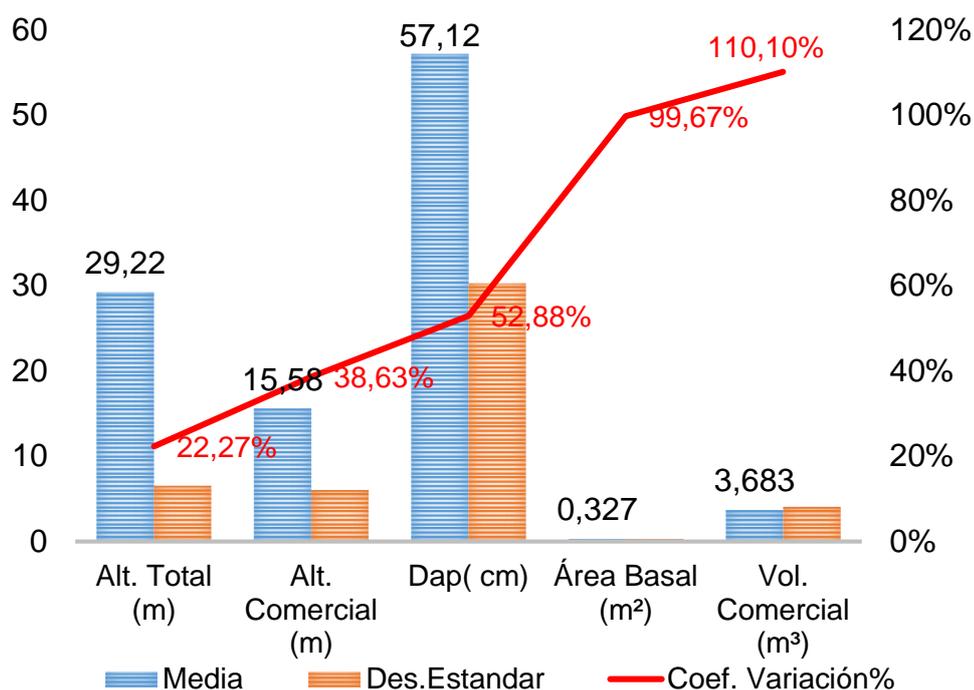


Figura 5. Histograma de datos estadísticos descriptivos

497 árboles de la clase N° 2, tienen un fuste comercialmente en el futuro, 290 árboles de la clase N° 1, fuste comercial actualmente, 47 árboles de la clase 5 presentan daños en el fuste y 41 árboles de la clase N° 4 presentan deformaciones de fuste como se observa en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Calidad de fuste de los árboles de *Cedrelinga cateniformis*

(Ducke) Ducke

Características cualitativas	Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Comercial actualmente	1	290	33,1
Comercial en el futuro	2	497	56,8
Deformado	4	41	4,7
Dañado	5	47	5,4
Total		875	100

El 56,80 % de los árboles son considerados aprovechables a futuro, el 33,1% considerados como comercial actualmente, el 5,4% de árboles presentan daños en el fuste, y el 4,7% de árboles con deformaciones en el fuste, graficados en la Figura 6.

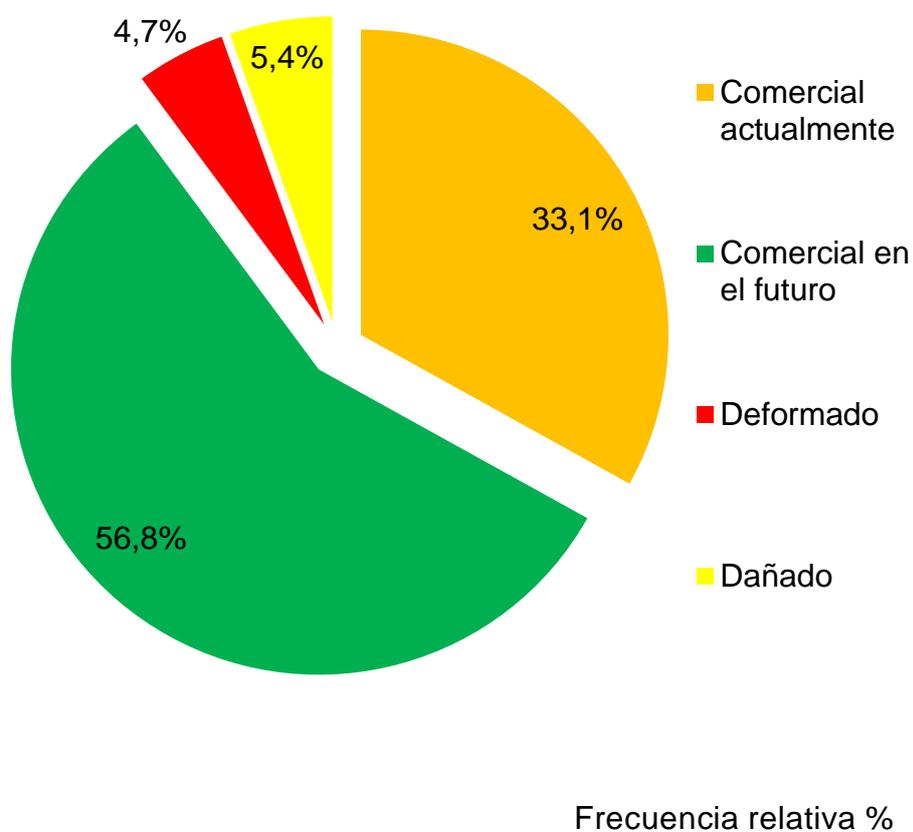


Figura 6. Diagrama de calidad de fuste

La variable forma de copa, que mayor repetición se observó en el campo fue la clase N° 2, que corresponde a círculo irregular con 818 árboles, seguido de la clase N° 3, con 37 árboles cuya característica es de copa medio completo, que se puntualiza en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Forma de copa de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Características cualitativas	Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa %
“Círculo completo”	1	8	0,9
Círculo irregular”	2	818	93,5
“Medio círculo”	3	37	4,2
“Menos de medio círculo”	4	11	1,3
“Solo una o pocas ramas”	5	1	0,1
Total		875	100

El 93,5 % de los árboles tienen copa irregular, el 0,9% círculo completo, y medio círculo con 4,2% como se muestra en la Figura 7.

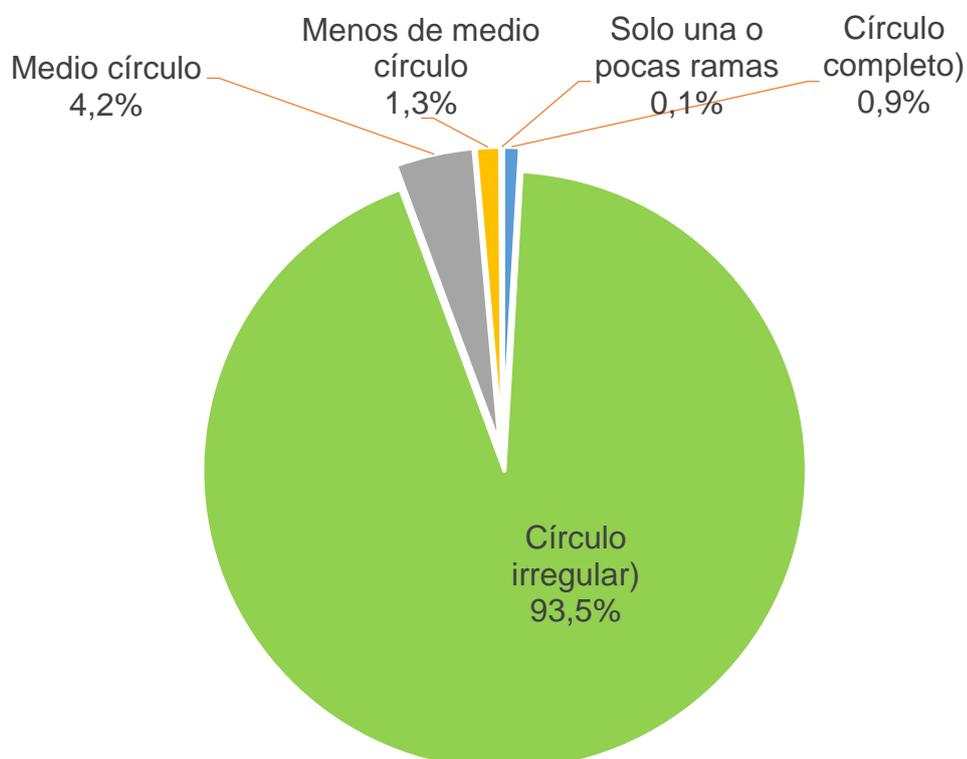


Figura 7. Diagrama de copa de los árboles

471 árboles de la clase N° 2, tienen iluminación plena vertical, 199 árboles iluminación vertical parcial, 189 árboles iluminación total, 199 y 16 árboles iluminación oblicua descritos en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Iluminación de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Características cualitativas	Clase	Frecuencia	Porcentaje
Emergente (iluminación total)	1	189	21,6
Plena vertical	2	471	53,8
Vertical parcial	3	199	22,7
Iluminación oblicua	4	16	1,8

El 53,8% de los árboles tienen iluminación plena vertical, el 22,7% iluminación vertical parcial, 21,6% iluminación total y el 1,8% iluminación oblicua. como lo demuestra la Figura 8.

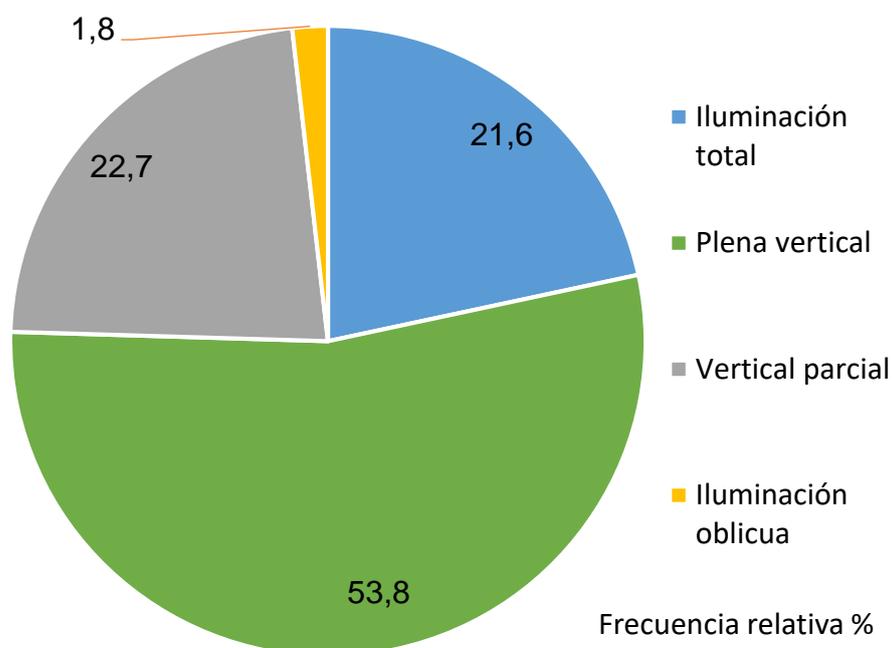


Figura 8. Diagrama porcentual de la iluminación de los árboles

En la Figura 9 se observa, que en la clase diamétrica [25,0 – 38,53] existe mayor presencia de árboles fustales con 168 árboles, seguido de la clase diamétrica [11,46 – 24,99] con 140 árboles, también, en la clase diamétrica [65,62 - 79,16] con 122 árboles, y en la clase diamétrica [146,88 – 160,43] con menor número de árboles (cuatro árboles).

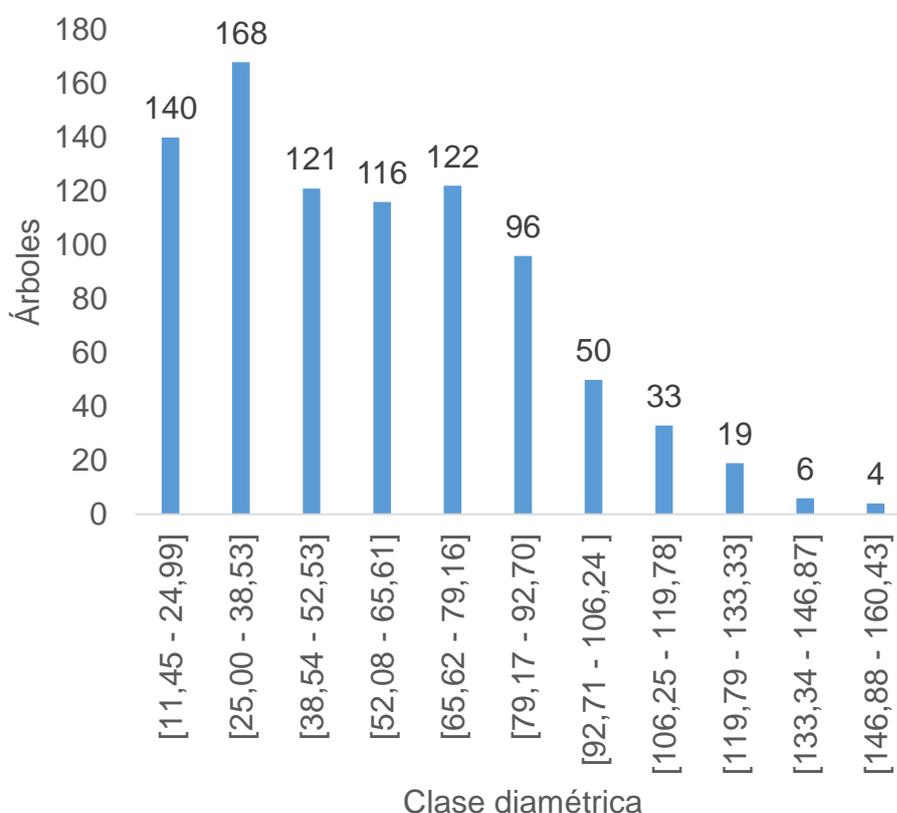


Figura 9. Cantidad de árboles por clase diamétrica

Los árboles del BRUNAS presentan las siguientes características fitosanitarias 501 árboles de la clase 1, están en buenas condiciones 358 árboles de regular estado y 16 árboles están mal fitosanitariamente, los que se especifican detalladamente en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Estado fitosanitario de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

Características cualitativas	Clase	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa %
Buena	1	501	57,3
Regular	2	358	40,9
Mala	3	16	1,8
Total		875	100

El 57,3% de los árboles de “Tornillo” están en buenas condiciones fitosanitarias, el 40,9% en regular condición, y el 1,8% en condición mala, como se observa en la Figura 10.

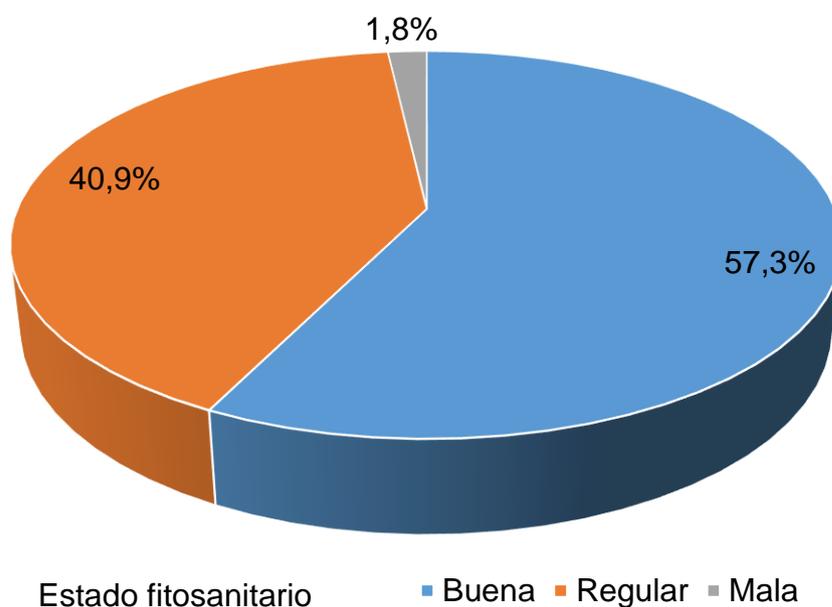


Figura 10. Estado fitosanitario de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke

**4.3. De la estimación del contenido de biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, a través del método indirecto en el Bosque Reservado de la UNAS.**

De acuerdo a la ecuación alométrica se estimó la biomasa aérea de los árboles maduros en 2.541,14 t con 11,70 toneladas/ha, asimismo, para los árboles semilleros en 164,51 t con 0,76 toneladas /ha y también la biomasa fustal en 145,32 t con 0,67 toneladas/ha detalladamente explicado en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Valores obtenidos de biomasa según Chave *et al.* (2014)

Clase diamétrica	Biomasa (t) Chave <i>et al.</i> (2014)			$\Sigma$ Biomasa (t)
	Árboles vivos			
	F	AM	S	
[11,46 - 24,99]	34,1			34,1
[25,00 - 38,53]	110,62			110,62
[38,54 - 52,08]	1,02	212,7		213,72
[52,09 - 65,62]		369,72		369,72
[65,63 - 79,16]		597,72	15,02	612,74
[79,17 - 96,52]		312,95	49,03	361,98
[92,71 - 106,25]		490,85	45,24	536,09
[106,26 - 119,79]		251,35	23	274,35
[119,80 - 133,33]		204,3	13,44	217,74
[133,34 - 146,87]		66,47		66,47
[146,89 - 160,43]		35,08	18,76	53,84
Promedio	48,58	282,35	27,42	259,22
Biomasa/ha	0,67	11,7	0,76	13,43
Total	145,73	2.541,14	164,51	2.851,37

t: toneladas, ha: Hectárea, F: Fustal, AM.: Árbol maduro, S: Semillero

La Figura 11 indica que el 89,12% corresponden a la biomasa aérea de los árboles maduros el 5,77 % a la biomasa de árboles semilleros el 5,11% a la biomasa fustal, así también se estimó la biomasa aérea /ha de árboles maduros, semilleros fustales en 11,70; 0,76 y 0,67 toneladas/ha respectivamente.

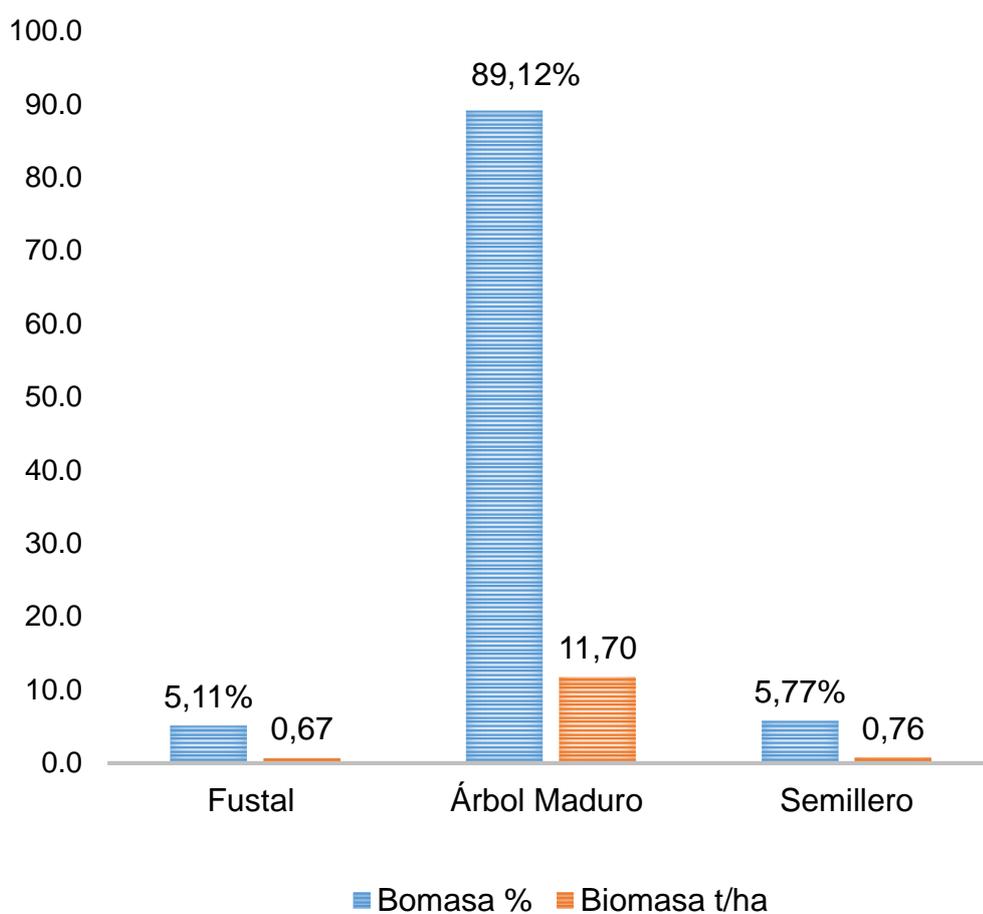


Figura 11. Histograma de Biomasa

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Sobre la determinación del número de individuos, área basal ( $m^2$ ) y volumen maderable ( $m^3$ ) por categoría diamétrica de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

Luego de ejecutar el trabajo de investigación y haber evaluado toda la población de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del Bosque Reservado de la UNAS, se corrobora lo señalado por Padilla *et al.* (1992), al referirse que es justificable en ciertos casos como trabajo de investigación, como lo es la presente tesis, que consistió, básicamente, en la medición de variables dasométricas y estimación de biomasa aérea de toda la población, de fustales y árboles maduros de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del mencionado bosque.

Es preciso indicar que, debido a la carencia de información, de trabajos de investigación realizados en bosques similares, como es el caso del BRUNAS, específicamente, para esta especie, se optó por contrastar con los censos con fines comerciales, realizados en las concesiones forestales, puesto que la información obtenida contribuye para efectos de investigación. De ahí se desprende que, tanto el número de individuos (351 árboles aprovechables), área basal ( $213,77 m^2$ ) y volumen maderable ( $2.469,86 m^3$ ), obtenidos en la presente investigación es diferente a los censos realizados, en las concesiones forestales.

Asimismo, con los resultados del trabajo de investigación se determinó en total 925 árboles, de los cuales, 503 árboles que no cumplen el diámetro mínimo de corta (de futura cosecha), 351 árboles aprovechables (cumplen con el diámetro mínimo de corta), 21 árboles semilleros, además, 47 árboles secos en pie y 3 árboles caídos, en este sentido, el INRENA (2002), por medio de la Resolución Jefatural N° 458-2002-INRENA, determinó el Diámetro mínimo de corta, entre otras especies, para *Cedrelinga cateniformis*, el cual es 61 cm.

Cabe mencionar que, no todos los árboles registrados en el BRUNAS provienen de plantación, gran parte de ellos son de crecimiento y/o regeneración natural, por ello, la gran cantidad de individuos (351 árboles aprovechables en total), sin embargo, estos resultados, difieren con lo mencionado por Pezo (2017) quien, en una investigación con *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en una parcela de corta de 500 ha, ubicada en bosques de colina baja en una concesión forestal de Iquitos, reportó solo 52 árboles aprovechables. Asimismo, es diferente a lo que menciona la ATFFS Tingo María (2016), quien indica que, en la Parcela de Corta N° 4 de la Concesión Forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa con un área efectiva de 378,15 ha, se registró solo 38 árboles aprovechables de "Tornillo". Esta diferencia podría ser debido a la ubicación geográfica, altitudinal, fisiográfica de dichos lugares, además de aspectos topográficos, suelo y climáticos. Asimismo, es diferente a lo registrado en la Parcela de Corta N° 13 de la Concesión Forestal Juan Roger Pérez Chávez, con un área efectiva de 284 ha, donde se registró solo 53 árboles aprovechables de "Tornillo".

De igual manera, el volumen maderable aprovechable registrado en el BRUNAS es de aproximadamente 2.469,86 m<sup>3</sup> rollizos, cuyo valor difiere con lo que menciona la ATFFS Tingo María (2016), quien menciona que en la Parcela de Corta N° 4 de la Concesión Forestal Carlos Edmundo Muñoz Landa con un área efectiva de 378,15 ha, se registró 215,81 m<sup>3</sup> rollizos, igualmente, difiere con lo que menciona Pezo (2017), quien registró un volumen maderable aprovechable de 619,5 m<sup>3</sup> de madera rolliza (árboles en pie). Asimismo, es diferente al volumen maderable de la Parcela de Corta N° 13 de la Concesión Forestal Juan Roger Pérez Chávez, con un área efectiva de 284 ha, se registró un volumen aprovechable de 378,36 m<sup>3</sup> rollizos. Estos resultados se pueden atribuir a un censo forestal selectivo de carácter comercial.

Según el estudio, se determinó valores promedios de los árboles de “Tornillo” los cuales son: DAP 57,12 cm, altura total 29,22 m, altura comercial 15,58 metros, no obstante, los resultados relativamente concuerdan con Wadworht, citado por Puerta (2012), quien reportó valores promedios de la plantación de “Tornillo” del BRUNAS en DAP 88 cm, altura comercial promedio de 19,55 m y altura total de 30,30 metros, probablemente el resultado se puede atribuir a una estimación de tipo muestra realizado en su momento.

No obstante, se contradice con la IIAP (1997) quien reportó promedios de DAP 1,30 m y 15 metros de altura comercial, en la evaluación de la plantación de “Tornillo” del BRUNAS, esta diferencia probablemente se deba al a los veintidós años transcurridos y a la muestra referencial de la investigación realizada en su momento.

Se estimó área basal total, el cual corresponde a 1,32 m<sup>2</sup>/ha con un volumen comercial de 14,83 m<sup>3</sup>/ha, lo que difiere con (INADE 2003) al encontrar 22,96 m<sup>3</sup>/ha de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, en un inventario realizado para la Zonificación Ecológica Económica del sector Mazán - Loreto.

La búsqueda de evidencias con el objeto de comparar los resultados obtenidos en la investigación, se apoyan en trabajos de investigación como es el caso de Acosta, citado por Fernández (2017) quien dice que, en la Zonificación Ecológica Económica de la cuenca del río Putumayo - Loreto, se encontró especies mas representativas como: “*Schweilera sp.*, con 13,88 m<sup>3</sup>/ha; *Virola sp.*, con 10,17 m<sup>3</sup>/ha; *Pouteria sp.*, con 6,03 m<sup>3</sup>/ha y “*Parkia sp.*, con 4,87 m<sup>3</sup>/ha.

Así también el resultado obtenido, resulta similar con Morales (2015), quien reportó un volumen maderable de 11,96 m<sup>3</sup>/ha para un bosque de colina baja de la concesión forestal 16-IQU/C-J-041 ubicado en la cuenca del río Esperanza del distrito del Yavari - Loreto. De las evidencias anteriores se deduce que el comportamiento de la masa forestal en bosques secundarios al margen de la especie estudiada en la presente investigación, los resultados obtenidos serán mínimos.

## **5.2. Sobre la determinación de la situación actual de las variables dasométricas de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.**

Se determinó las variables ecológicas del estado actual de 875 árboles (considerados los fustales aprovechables y semilleros), de los cuales, se registró que el 56,8% (fuste comercialmente en el futuro), son de Calidad de fuste

1, mientras que el 33,1%, (fuste comercial actualmente), son de Calidad 2, el 4,7% (fuste deformado) son de Calidad 4 y el 5,4% (fuste dañado) son de Calidad de fuste 5.

En cuanto a la forma de copa, el 93,5% de árboles evaluados tienen forma de copa irregular, el 4,2% tiene copa con menos de medio círculo, el 0,1% de árboles, tiene solo pocas ramas. Paralelamente se evaluó la iluminación de los árboles, registrando que el 53,8% de árboles tiene “iluminación plena vertical”, el 22,7% tiene “iluminación vertical parcial”, el 21,6% tiene “iluminación total” y el 1,8% tiene “iluminación oblicua”.

En este sentido, los resultados obtenidos, difieren con lo que menciona Gutiérrez (2004), quien, en una investigación realizada para la “iluminación de copa” de fustales se registraron mayores valores en la categoría de “iluminación oblicua” (39,95 %), seguido de “nada directo” (20,34 %), “vertical parcial” (19,36 %), “plena vertical” (12,54 %) y “emergente” (7,82).

Asimismo, es diferente a lo registrado por Ruiz (2002), quien, dice que, en cuanto a la calidad de fuste en los sectores de estudio (Supte San Jorge y Bosque Reservado de la UNAS), está dado por la característica comercial en el futuro, con porcentajes de 77,65% y 70,08%, respectivamente, mientras que la identidad del fuste con la característica vivo en pie con el fuste completo presentaron 86,32% y 84,98%; la “iluminación de copa” (emergente) alcanzó un 24,4% y 44,66%; la forma de copa “círculo irregular” es la más representativa con 87,88% y 88,46%; la presencia de lianas (árbol sin lianas) alcanzó 50,78% y 70,43%, respectivamente para ambos sectores de estudio.

### **5.3. Sobre la estimación del contenido de biomasa aérea de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, a través del método indirecto.**

El método usado en la presente investigación, no fue carácter destructivo, se utilizó la ecuación alométrica, de Chave *et al.* (2014), donde se obtuvo 2.851,37 toneladas, con 13,43 toneladas/ha. No obstante, este resultado no coincide con lo que dice Pinedo (2015) quien, estimó biomasa aérea para *Cedrelinga cateniformis* Ducke en una plantación de 43 años, ubicada en Puerto Almendras (Iquitos), registrando una biomasa de 700,89 t/ha. Asimismo, no coincide con Pallqui (2013) que registró 297,17 t/ha en parcelas permanentes de RAINFOR, ubicada en la Reserva Nacional de Tambopata, mediante ecuaciones alométricas en un bosque húmedo tropical de la Reserva de Tambopata, estos resultados se podrían asumirse que es debido a la intensidad de muestreo.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó 592 árboles maduros en total con 2,75 árbol/ha, 333 árboles fustales con 1,533 árbol/ ha, el área basal estimado es de 2 99,33 m<sup>2</sup>/ha, con 1,38 m<sup>2</sup>/ha. El volumen maderable total es de 3.350,67 m<sup>3</sup> con 15,43 m<sup>3</sup>/ha.
2. Los valores promedios de las variables dasométricas son: DAP 57,13 cm, altura comercial 15,58 m, altura total 29,22 m, área basal 0,33 m<sup>2</sup> y volumen comercial 3,68 m<sup>3</sup>. El 40,9% de los árboles fuste regular, el 57, 3% tiene buen fuste, y 1,8% fuste malo; forma de copa irregular con iluminación emergente.
3. Se estimó la biomasa aérea total en 2.581,37 toneladas con 13,43 t/ha siendo las categorías de evaluación, árbol maduro, semillero y fustal con valores de 2.541,14 toneladas, 164,51 toneladas y 145,73 toneladas de biomasa aérea, con un promedio 13,16; 11,70 y 0,67 toneladas/ha, respectivamente.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones afines en el BRUNAS para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, utilizando tecnología avanzada, con la finalidad de comparar resultados y complementar la información obtenida.
2. Realizar otras investigaciones con evaluaciones de las categorías inferiores (plántulas, brinzales y latizales) de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del BRUNAS, para complementar información de la mencionada especie.
3. Realizar investigaciones orientadas a la elaboración de una ecuación alométrica específica para la estimación de biomasa aérea para *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, del BRUNAS.

**“CHARACTERIZATION OF DASOMETRIC VARIABLES AND THE  
ESTIMATED AERIAL BIOMASS OF *Cedrelinga cateniformes*  
(Ducke) Ducke, IN THE FOREST RESERVED UNAS-TINGO  
MARÍA, HUÁNUCO”**

**VIII. ABSTRACT**

In this research the dasometric characteristics and the estimated aerial biomass of *Cedrelinga cateniformes* (Ducke) Ducke were determined in the BRUNAS (acronym in Spanish); the results obtained were 925 total trees, 592 are mature trees with 2.75 trees/ac, 333 logging trees with 1.53 trees/ac, the total estimated base area is 299.33 m<sup>2</sup> with 1.38 m<sup>2</sup>/ac. The total volume of timber is 3,350.67 m<sup>3</sup> trunks with 15.43 m<sup>3</sup>/ac, 854 are live standing trees, 21 were considered to be seed trees, 47 dead standing trees, 3 fallen trees, at the same time, according to the DMC (acronym in Spanish) established for this species, it was determined that 351 trees comply with the DMC with a total base area of 213.77 m<sup>2</sup> with 0.98 m<sup>2</sup>/ac and a usable commercial volume of 2,469.86 m<sup>3</sup> with 11.37m<sup>3</sup>/ac it was determined that the average values of the dasometric variables for the live standing trees are: DAP of 57.13 cm, commercial height of 15.58 m, total height of 29.22 meters, base area of 0.33 m<sup>2</sup> and a commercial volume of 3.68 m<sup>3</sup>. Of the trees, 40.9% have a regular shaft, 57.3% have a good shaft and 1.8% a bad shaft; an irregular shape of the treetop with emerging light. The total estimated aerial biomass was 2,581.37 tons with 13.43 tons/ac, with the categories evaluated being: mature, seed and logging trees with 2,541.14 tons, 164.51 tons and 145.73 tons of aerial biomass, with averages of 13.16, 11.70 and 0.67 tons/ac, respectively.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldana, P. 2008. Medición Forestal: Texto para la carrera Ingeniería Forestal. La Habana, Cuba. 340 p.

Ananías, R. 1992. Física de la Madera. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.

Aróstegui Vargas, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima, PE, PNUD/FAO/PER/71/511. 57 p.

Aróstegui Vargas, A; Díaz Portocarrero, M. 1992. Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Iquitos, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 119 p.

Arostegui Vargas, A; Sato, A. 1970. Estudio de las propiedades Físico-Mecánicas de la madera de 16 especies forestales del Perú. Revista Forestal Peruana 4 1-2 :13-24. p.

ATFFS (Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre) 2016. Resolución administrativa N° 112- GR –DRA-HCO/ATFFS-TM. Aprobación del plan operativo. 4 p.

ATFFS (Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre) 2017. Resolución administrativa N° 207 - GR –DRA-HCO/ATFFS-TM. Aprobación del plan operativo. 4 p.

- Blas Jaimes, D. 2004. Establecimiento y evaluación de parcelas permanentes de medición en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 78 p.
- Brown, S; Gillespie, AJ; Lugo, AE. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Vol. 35, No. 4.
- Brown, S; Sathaye, J; Cannell, M; Kauppy, P. 1996. Mitigation of carbon emission to the atmosphere by forest management. *Commonwealth Forestry* 75 (1): 80-91. p.
- Burgos Lizarzaburo, J. 1955. Posibilidades de la repoblación natural y semi artificial del "Tornillo" *Cedrelinga cateniformis* Ducke, en Tingo María. Boletín Trimestral de la Estación Experimental Agrícola de Tingo María.
- Camacho calvo, M. 2000. Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical: "Guía para el establecimiento y medición" Turrialba, Costa Rica Manual Técnico N° 42. 56p.
- Cancino Palma, J. 2012. Dendrometría Básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento manejo de Bosques y Medio Ambiente. 171 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 1999. Manejo de Semilla Forestales de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. Nota técnica N° 92 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Turrialba – Costa Rica. 12 p.

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica).  
2001. Inventario Forestal Global GFS. Manual de Campo. Turrialba –  
Costa Rica. 36 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica).  
2002. Inventarios forestales para bosques Latifoliados en América  
Central, Manual Técnico No. 50. Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- Chave, J. 2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales. Manual  
de campo. PAN – AMAZONIA. Toulouse, France. 7 p.
- Chave, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, MA; Chambers, JQ; Eamus, D; Folster,  
H; Fromard, F; Higuchi, N; Kira, T; Lescure, JP; Nelson, BW; Ogawa,  
H; Puig, H; Riera, B. y Yamakura, T. 2005. Tree allometry and  
improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests.  
*Oecologia* 145(1):87- 99 p.
- Chave, J; Réjou Méchain, M; Búrquez, A; Chidumayo, E.; Colgan, MS; Delitti,  
WBC. *et al.* 2014. Improved allometric models to estimate the  
aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20,  
3177–3190.
- Clark, DA. & Clark DB. (1996). Abundance, growth and mortality of very large  
trees in a neotropical lowland rain forest. *Forest Ecology and  
Management* 80: 235-244.
- Clark, DA; Brown, S; Kicklighter, DW; Chambers, JD; Thomlinson, JR. 2001A.  
Measuring Net Primary Production in Forest: Concepts and Field  
Methods. *Ecological Applications* 11 (2) 356 – 370.

- Cronquist, A. 1981. Un sistema integrado de clasificación de las Angiospermas. Ed Columbia University Press. 1062 p.
- Dawkins, H. 1958. The management of natural tropical high forest, with special referente to Uganda. Oxford. Imperial Forestry, Jnstitute. Paper No 34. 155 p.
- Dueñas, M. 2009. Valorización económica del servicio hídrico en el BRUNAS Tesis. Maestro en Ciencias en Agroecología mención Gestión Ambiental. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 8 p.
- El Castañero. 1998. El Tomillo. N° 2. Abril. Puerto Maldonado, PE. 27 p.
- Fearnside, P. 1997. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. For. Ecol. Manage. 90: 59-87 p.
- Fernández Rucoba, N. 2017. Valoración Económica con fines de Aprovechamiento de las especies maderables comerciales de un bosque natural de colina baja de la cuenca del rio yavarí mirím, Loreto, Perú. Tesis Ing. Forestal. Loreto, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia del Perú. 69 p.
- Fonseca, G; ALICE, F; REY, JM. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe. Revista Bosque 30 (1): 36-47.

- Fuentes Archila, LM. 2014. Productividad de las plantaciones forestales en los diferentes tipos de raleos en la región II las Verapaces. Guatemala: INAB. 64 p.
- GOREHCO (Gobierno Regional de Huánuco) 2016. Zonificación Ecológica Económica. Estudio Climático Provincia de Marañón. 78 p.
- Gutiérrez García, R. 2006. Evaluación de la regeneración natural en parcela permanentes de medición en el bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, 87 p.
- Hutchinson, I. 1992. Puntos de Partida y Muestreo Diagnóstico para la Silvicultura de Bosques Naturales del Trópico Húmedo. Serie técnica. Informe Técnico No. 204. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonia del Perú) 1997. Balance de experiencias silviculturales con *Cedrelinga cateniformis* Ducke en la región de Pucallpa, Amazonia Peruana. Documento Técnico N° 25. Iquitos – Perú. 97 p.
- Imaña Encinas, J. 2011. Mensura dasométrica. Brasilia: Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. 113 p.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad) 2014. NTP 251.011.2014. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – INDECOPI Lima Perú 9p.

- INADE (Instituto Nacional de Desarrollo, Perú). 2003. Estudio de Zonificación Ecológica Económica del Sector Mazan-El Estrecho. Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Putumayo (PEDICP). Iquitos Perú. 151 p
- INIA (Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia) 2019. Ficha técnica para Plantaciones con Especies Nativas en Zona de Selva Baja Av. La Molina N°1981, La Molina, Lima – Perú 52 p.
- INRENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales) 2002. Resolución Jefatural n.º 458. Fijar a Nivel Nacional los Diámetros Mínimos de corta para las especies Forestales. Diario Oficial el Peruano 13 dic. 3 p.
- INRENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales) 2003. Resolución Jefatural n.º 109. Aprobación de los términos de referencia, que comprende el formato de presentación y lineamientos del plan general de manejo forestal y el plan operativo anual para las concesiones forestales. Diario oficial El Peruano. 08 ago. 86p.
- Juarez, F. 2014. Dendrometría. Apuntes de Clase y Guía de Actividades Prácticas. Cochabamaba, Bolivia, 1era ed. 103 p.
- JUNAC (Junta Nacional del Acuerdo de Cartagena) 1981. Estudio integral de la madera para la construcción: tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú. 1 ed. Lima. 53 p.
- Kometter, R; Maravi, E. 2007. Tabla de Conversión para el Cálculo de Volúmenes de Madera Aserrada – caoba (*Swietenia macrophylla*); Metodología para elaborar tablas nacionales de conversión

volumétrica de madera rolliza en pie a madera aserrada calidad exportación. s.l., The 86 World Bank, CCAD. 64 p. [En línea]: cites, ([https://www.cites.org/ common/com/pc/17/S-PC17-Inf-03.pdf](https://www.cites.org/common/com/pc/17/S-PC17-Inf-03.pdf)).

Lamprecht, H. 1962. Ensayo sobre unos Métodos para el Análisis Estructural de los Bosques Tropicales. Acta Científica Venezolana. 13 (2): 57 – 65.A

Loetsch, F; Zohrer, F; Haller, KE. 1973. Forest Inventory Vol. 2. Munich, BLV. 469 p.

López, J. 1970. Estudio Silvicultural de la especie *Cedrelinga catenaeformis* Ducke. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 89 p.

Martinelli, L; Moreira, Z; Brown, S; Victoria, L. 1994. Incertezas Asociadas as Estimativas de Biomasa em Florestas Tropicais: O exemplo de uma floresta situada no estado de Rodônia. En: Seminário Emissao y seqüestro de CO<sub>2</sub> - Urna nueva oportunidad de negocios para o Brasil. Porto Alegre. Anais do Seminário. Comphania Vale do Ríó Doce, Ríó do Janeiro: 192-221 p.

Mesías Morales, A. 2014. Estimación en biomasa aérea viva en las unidades fisiográficas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva 146 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2015 Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI SERFOR Calle Diecisiete N° 355 – San Isidro,

Lima 27 Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-17751 345 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura, Lima- Perú). 2011. Ley N° 29763 Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 22 jul. 25 p.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura, Lima- Perú). INRENA. PRONAMACHCS. BSDFONDOBOSQUE. BDS. IIAP. 2005. Plan Nacional de Reforestación 56 p.

Morales Peña, HM. 2016. Valoración económica de especies comerciales de la parcela de corta anual 10 de la concesión forestal N° 16-IQU/C-J041-04, cuenca del rio Esperanza, Loreto, Perú, 2014. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales-UNAP, Iquitos. 60 p.

Morales, 2004. Caracterización dasométrica y de productividad de los bosques del predio El Pilar, Municipio de Arteaga, Tesis Ing. Forestal Coahuila, México 72 p.

OSINFOR (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre). 2013. Manual de Supervisión de Concesiones Forestales con Fines Maderables. Lima, Perú. 93 p.

OSINFOR (Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre) 2013. Resolución Presidencial n.º 006. Manual de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. Diario oficial El Peruano Perú 05 feb. 2013. 61 p.

- Padilla, J; Burga, R; Maury, E. 1992. Curso de extensión en inventarios forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ingeniería Forestal. Oficina de Extensión y Proyección Social. 35 p.
- Pallqui Camacho NC. 2013. Dinámica de un bosque tropical: biomasa aérea y análisis en parcelas permanentes a largo plazo, Reserva Nacional Tambopata – Madre de Dios. Tesis Biólogo. Cusco, Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. 129 p.
- Pardé, DR. 1980. Forest biomass. Review article. *Forestry Abstract*. 41(8): 343-362 p.
- Pérez, G; Domínguez, D; Martínez, Z; Etchevers, B. 2012. Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, Tabasco, México. *Revista Madera y Bosques*; 18 (1): 7-24
- Pezo Ruiz, B. 2017. Estudio Comparativo de la Variabilidad Maderable de la Especie *Cedrelinga cateniformis* Ducke en dos tipos de Bosque de la Cuenca del rio Yaravi Mirim, Ramón Castilla, Loreto – Perú. Tesis Ingeniero Forestal Universidad Nacional de la Amazonia del Perú. UNAP. 54 p.
- Pinedo Catashunga, E. 2015. Biomasa, contenido de carbono y secuestro de co2 en Plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades CIEFOR Puerto Almendra Iquitos-Perú, 2013. Tesis Ingeniero Forestal Universidad Nacional de la Amazonia del Perú. UNAP. 78 p

- Pinelo Morales, G. 2000. Manual para el Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica 52 p.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F; y Real, P. 1997. Mensura forestal. Serie Investigación y educación en desarrollo sostenible. IICA/GTZ. San José Costa Rica. 561 p.
- Puerta Tuesta, R. 2007. Modelo digital de elevación del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis Maestro en Ciencias en Agroecología Mención Gestión Ambiental. Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 70 p.
- Reynel, C; Pennington, T; Pennington, R; Flores, C; Daza, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonía Peruana y sus usos. Un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Lima, PE. 509 p
- Romahn de la Vega CF; Ramírez Maldonado, H. 2010. Dendrometría: División de las Ciencias Forestales Universidad Autónoma Chapingo. Mexico. 312 p.
- Rügnitz, TM; Chacón LM, Porro, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal 1era ed. Lima, Perú. 79 p.
- Ruiz Gonzales J. 2002. "Evaluación de Parcelas Permanentes de Medición (PPM) en Bosques Secundario de Tingo María. Tesis Ing. Recursos

- Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva 89 p.
- Schwyzer, A. 1981. El "Tornillo" (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke). Boletín Técnico N° 15. Proyecto de Asentamiento Rural Integral Jenaro Herrera. Iquitos, Perú. 34 p.
- SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre) 2016. Resolución de Dirección Ejecutiva n° 190 – 2016. Lineamientos Técnicos para la ejecución de inspecciones Oculares previas a la aprobación de planes de manejo para el aprovechamiento con fines maderables. Lima Perú. 26 ago. 44 p.
- Soto Shareva L. 2016. Biomasa aérea y composición florística en dos parcelas permanentes de medición (ppm) en el bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva Huánuco - Perú 2016 –Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva 126 p.
- Synnott, J. 1991. Manual de procedimientos de parcelas permanentes para bosque húmedo tropical. Trad. J Valerio. CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. 103 p.
- Torre Sinarahua, L. 2015. Determinación del Grado de Degradación del Bosque de Terraza Media del Arboretum "El huayo ", Loreto. Perú. Tesis Ing. Ecología de Bosques Tropicales. Perú. Universidad nacional de la Amazonia del Perú. 63 p.
- Valderrama, H. 1992. Influencia de la Estructura Anatómica en el Comportamiento Tecnológico de 30 especies forestales de la

Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. Revista. Conocimiento. 2 (2 -3):13-23.

Valdivia Ramírez, J. 2009. "Respuesta de la Regeneración Natural al Tratamiento Silvicultural de corta de lianas en el Bosque Residual de la UNAS, Tingo María". Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables Mención Forestal. Tingo María, Perú. Universidad nacional agraria de la selva 111 p.

Valenzuela Núñez, LM; Trucíos Caciano, R; Ríos Saucedo, JC; Flores Hernández, A; González Barrios, JL. 2011. Caracterización Dasométrica y Delimitación de Rodales de Mezquite en el Estado de Coahuila. Revista Chapingo (Serie ciencias forestales y del ambiente), Universidad Autónoma Chapingo, México vol. XVII, 2011. p. 87-96

Wabo, E. 2002. Guía de clases Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 6 p.

Wadsworth, F. 2000. Producción forestal para América Tropical. IUFRO-SPDC Textbook Proyecto N° 3 U.S. Dpet. Af. Agriculture. Forest Service. Washington, DC. 563 p.

## **ANEXOS**

## Anexo A:

Cuadro 17. Clase diamétrica general

Clase	Amplitud de clase	fi	Fi	hi	Hi	hi%	Hi%
1	[11,46 25,63]	148,00	148,00	0,16	0,16	16,00	16,00
2	[25,64 39,82]	184,00	332,00	0,20	0,36	19,89	35,89
3	[39,82 53,99]	140,00	472,00	0,15	0,51	15,14	51,03
4	[54,00 68,17]	137,00	609,00	0,15	0,66	14,81	65,84
5	[68,18 82,35]	140,00	749,00	0,15	0,81	15,14	80,97
6	[82,36 96,53]	74,00	823,00	0,08	0,89	8,00	88,97
7	[96,53 110,71]	53,00	876,00	0,06	0,95	5,73	94,70
8	[110,71 124,89]	25,00	901,00	0,03	0,97	2,70	97,41
9	[124,89 139,07]	16,00	917,00	0,02	0,99	1,73	99,14
10	[139,07 153,25]	4,00	921,00	0,00	1,00	0,43	99,57
11	[153,25 167,43]	4,00	925,00	0,00	1,00	0,43	100,00
Total		925		1		100	

fi =Frecuencia absoluta.

Fi =Frecuencia absoluta acumulada.

hi =Frecuencia relativa.

Hi =Frecuencia relativa acumulada.

fi% =Frecuencia absoluta porcentual.

Fi% = Frecuencia absoluta acumulada porcentual.

Cuadro 18. Clase diametrica de árboles vivos

Clase	Amplitud de clases	fi	Fi	hi	Hi	hi%	Hi%
1	[11,45 24,99]	140	140	0,16	0,1513	16,00	15,135
2	[25,00 38,53]	168	308	0,192	0,332	19,2	33,297
3	[38,54 52,07]	121	429	0,138	0,463	13,84	46,378
4	[52,08 65,61]	116	545	0,132	0,589	13,26	58,918
5	[65,62 79,16]	122	667	0,139	0,7210	13,94	72,108
6	[79,17 92,70]	96	763	0,109	0,824	10,97	82,486
7	[92,71 106,24]	50	813	0,057	0,878	5,71	87,891
8	[106,25 119,78]	33	846	0,037	0,9145	3,77	91,459
9	[119,79 133,33]	19	865	0,021	0,935	2,17	93,513
10	[133,34 146,87]	6	871	0,0068	0,941	0,685	94,162
11	[146,88 160,43]	4	875	0,0045	0,945	0,457	94,594
Total		875		1		100	

fi =Frecuencia absoluta.

Fi =Frecuencia absoluta acumulada.

hi =Frecuencia relativa.

Hi =Frecuencia relativa acumulada.

fi% =Frecuencia absoluta porcentual.

Fi% = Frecuencia absoluta acumulada porcentual.

Cuadro 19. Coordenadas UTM de los vértices del BRUNAS

FID	Vértice	X	Y
1	V1	391018	8969663
2	V2	390511	8970647
3	V3	390621	8970704
4	V4	390417	8971057
5	V5	390536	8971340
6	V6	390791	8971295
7	V7	390961	8971579
8	V8	391575	8971221
9	V9	391894	8971385
10	V10	391997	8971101
11	V11	391971	8970727
12	V12	392067	8970430
13	V13	392200	8970411
14	V14	392421	8969723
15	V15	392043	8969745
16	V16	391920	8969888
17	V17	391636	8969794
18	V18	391208	8969719

Fuente: Puerta (2007)

Cuadro 20. Coordenadas UTM de los hitos instalados

Nº Hito	ESTE	NORTE	Longitud
0	390951.00	8969656.00	00,00
1	390833.00	8969903.00	0 - 300
2	390677.00	8970280.00	0 - 700
3	390515.00	8970639.00	0-1100
4	390428.00	8971007.00	300-1600
5	391105.42	8971463.89	1100 - 1600
6	390761.09	8971260.34	660 - 1600
7	390964.64	8970916.01	660 - 1200
8	391168.19	8970571.67	660 - 800
9	391371.75	8970227.34	660 - 400
10	391575.30	8969883.00	0-1200
11	391919.64	8970086.56	1100 - 0
12	391716.08	8970430.89	1100 - 400
13	391512.53	8970775.23	1100 - 800
14	391308.97	8971119.56	1100 - 1200

Cuadro 21. Formato de recolección de datos (1)

Especie..... .....			subparcela..... .....		
		Diámetro de copa (m)			
Código de árbol	Calidad de fuste (numeración)	E -W (m)	N-S (m)	Iluminación de copa (numeración)	Forma de copa (numeración)

E: Este, W: Oeste, N: Norte, S: Sur, m: Metros

Cuadro 22. Formato de recolección de datos (2)

Eval uado r	..... .....Subparcela									
	Especie..... .....					..... .....				
				Para estimación de alturas			Coordenadas		Pendiente	
ITEM	Código del árbol	Circunferencia (Cm)	Distancia para observar el árbol	Visual Inferior ( $\alpha$ )	Visual Superior ( $\beta$ )	Visual medio ( $\varphi$ )	Este	Norte	%	OBSERVACION

Cm: Centímetros,  $\alpha$ : Ángulo alfa,  $\beta$ : Ángulo beta,  $\varphi$ : Ángulo omega

Anexo B de figuras

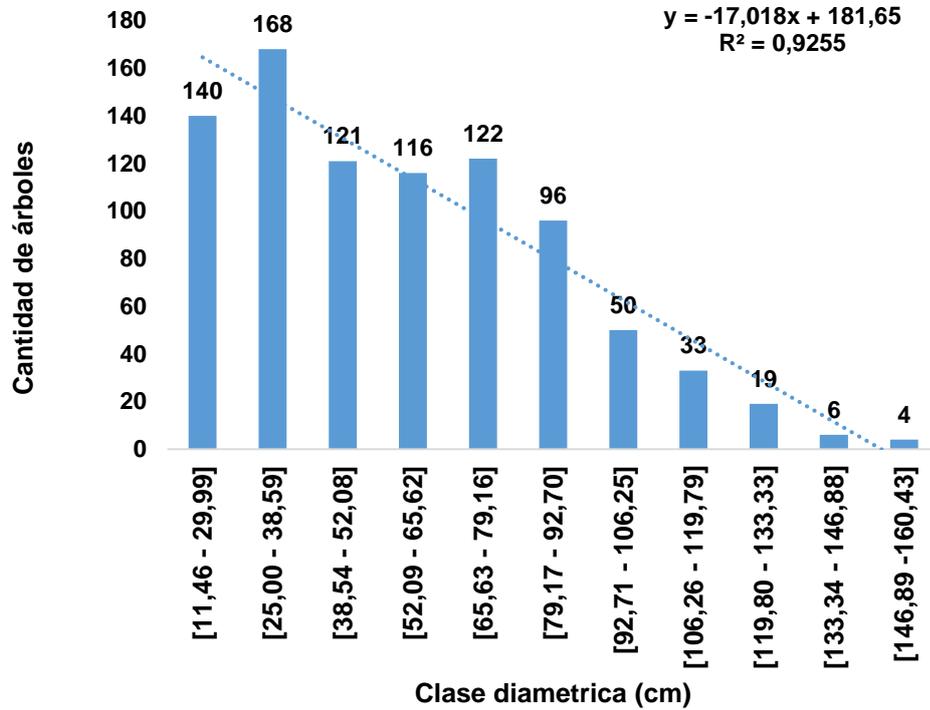


Figura 12. Histograma de frecuencia del DAP

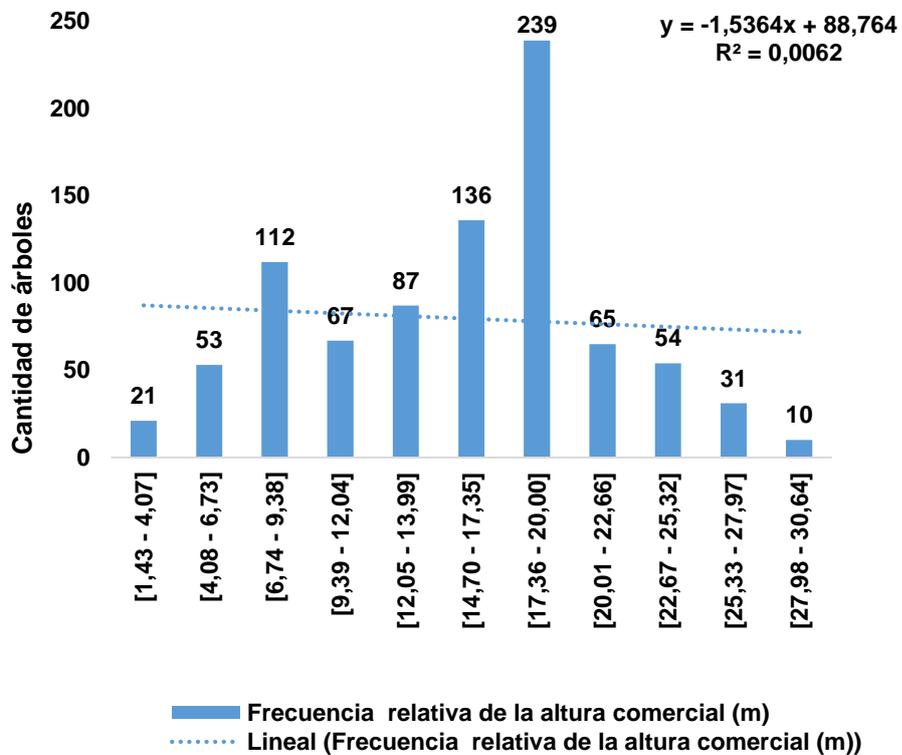


Figura 13. Histograma de frecuencia de la altura comercial (m)

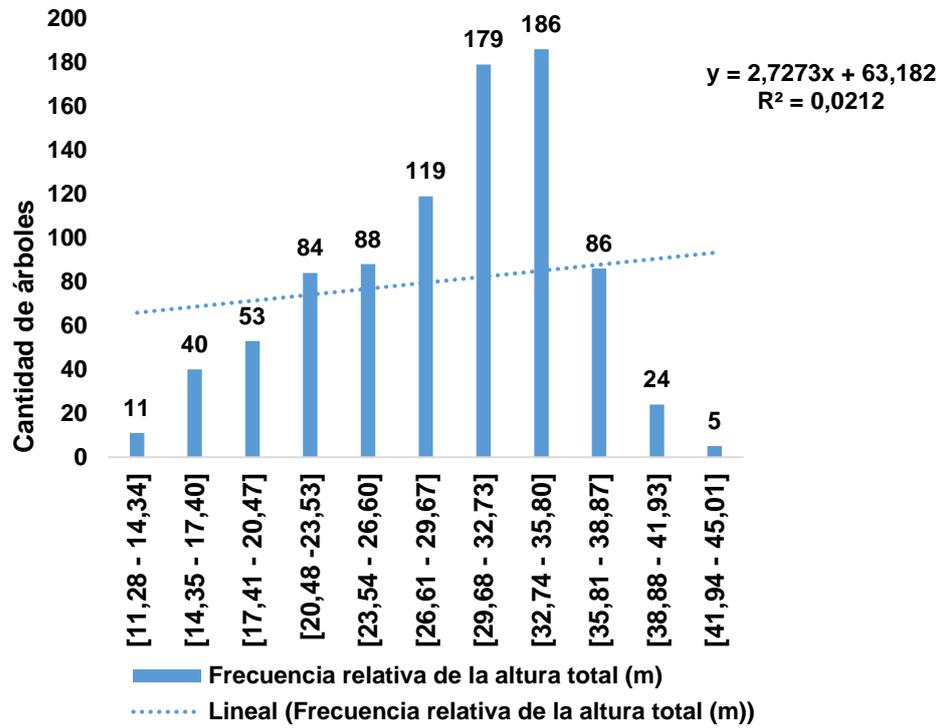


Figura 14. Histograma de frecuencia de la altura total (m)

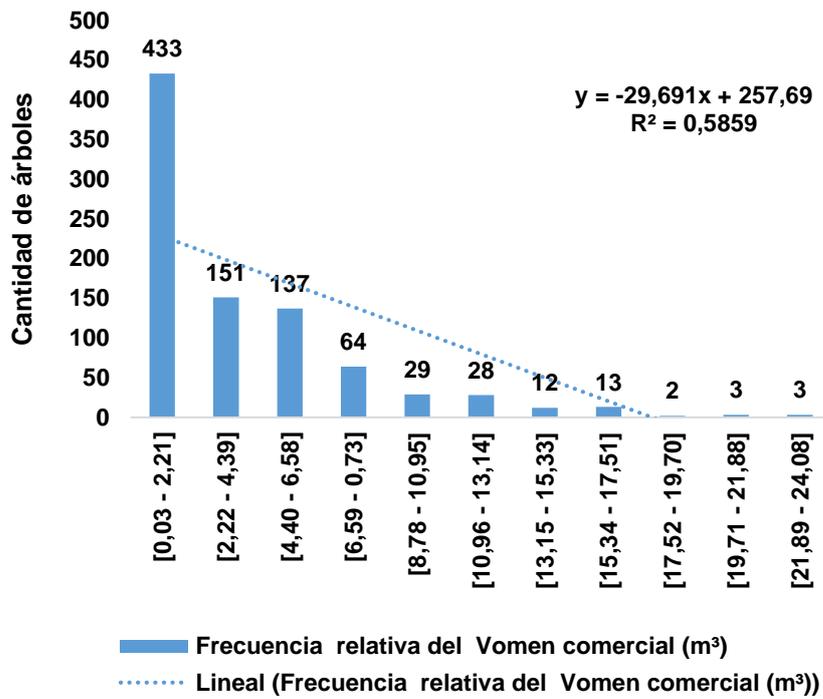


Figura 15. Histograma de frecuencia del área basal (m²)

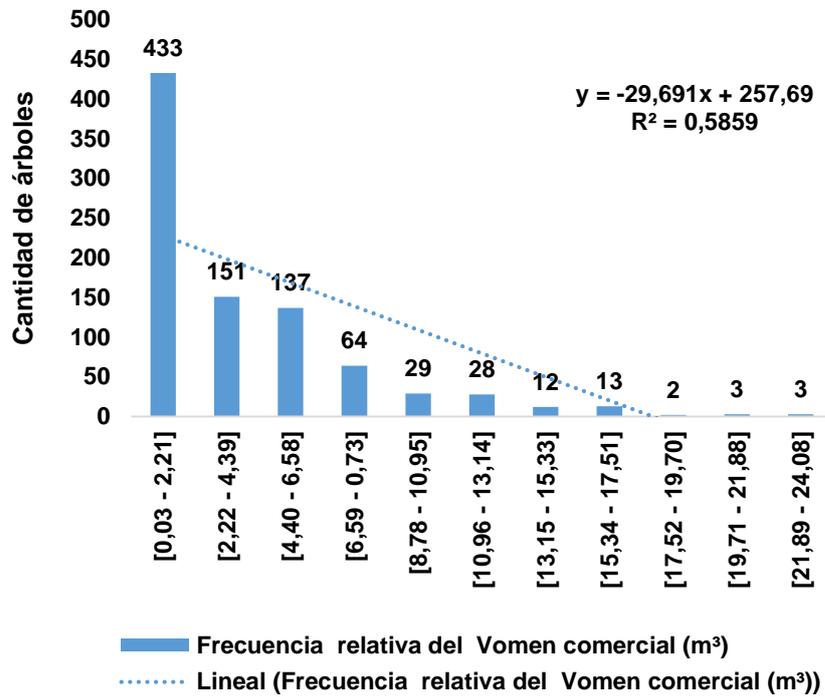


Figura 16. Histograma de frecuencia del volumen comercial (m³)

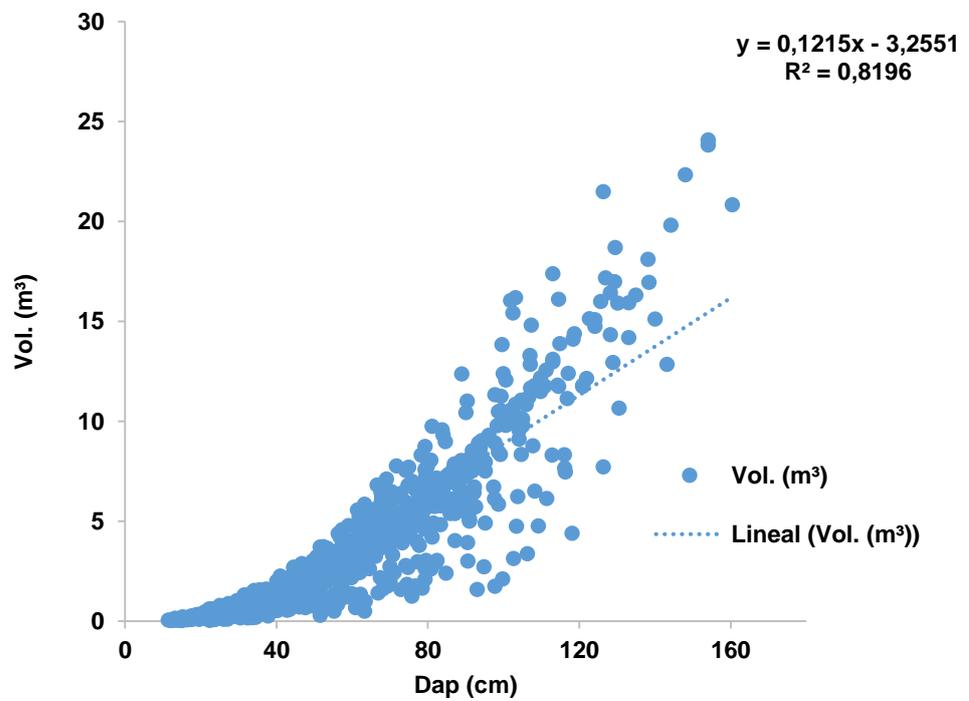
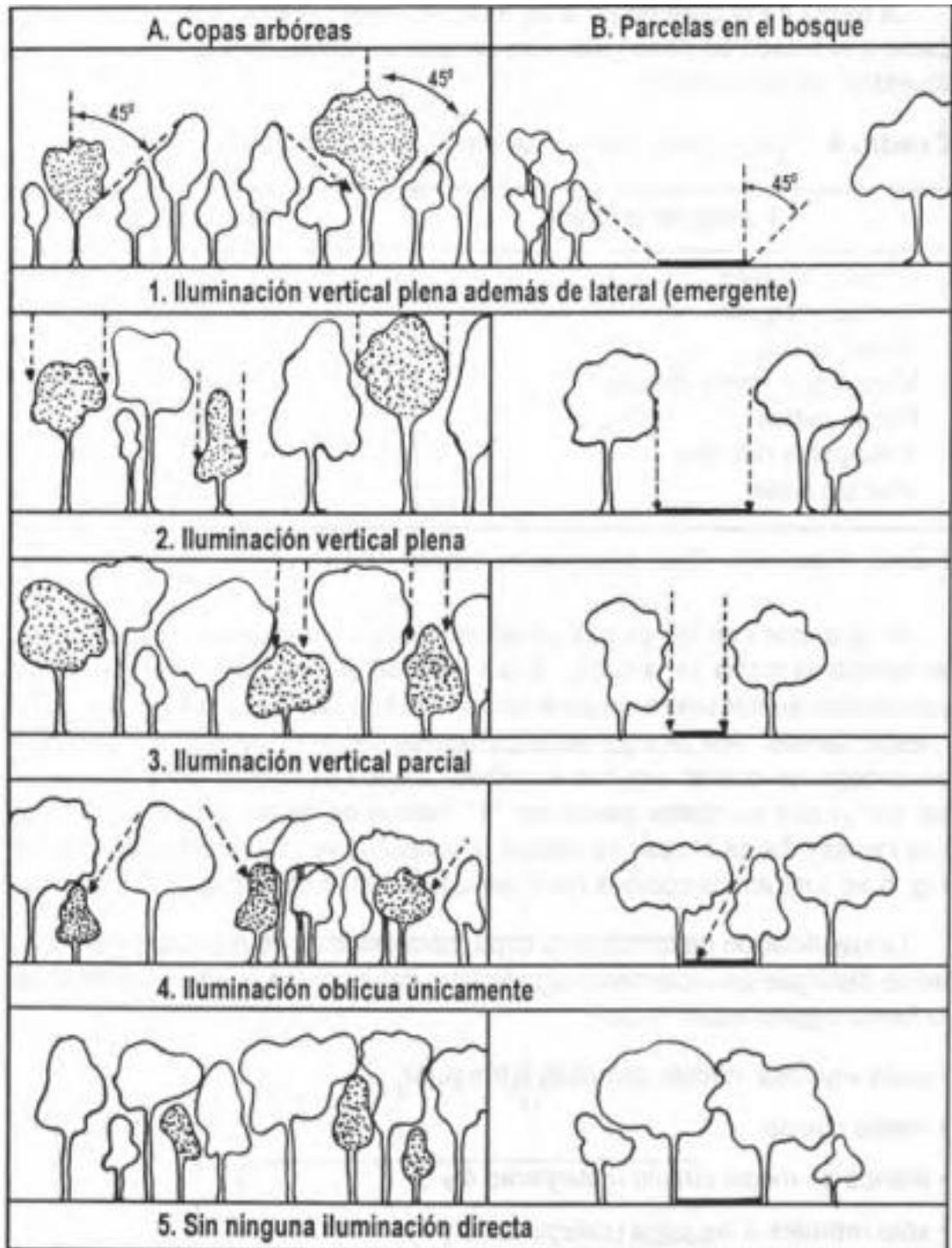
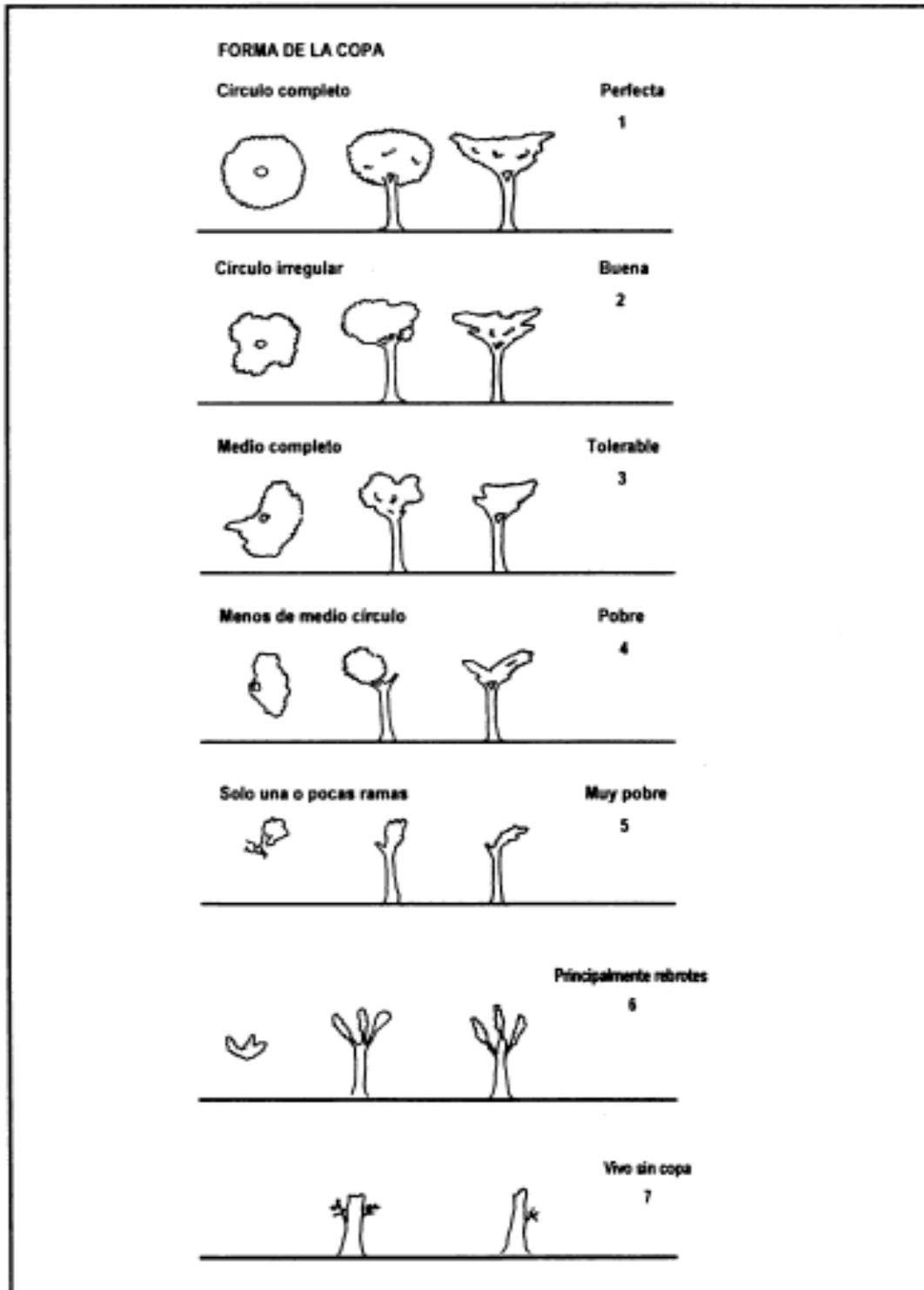


Figura 17. Diagrama de dispersión del volumen comercial (m³)



Fuente: Hutchinson 1995b, citado por Pinelo (2000)

Figura 18. Características para evaluar la iluminación de copa



Fuente: Hutchinson, citado por Pinelo (2000)

Figura 19. Características para la evaluación de forma de copa



Figura 20. Equipo y herramienta de campo



Figura 21. Hitos preparados para la instalación

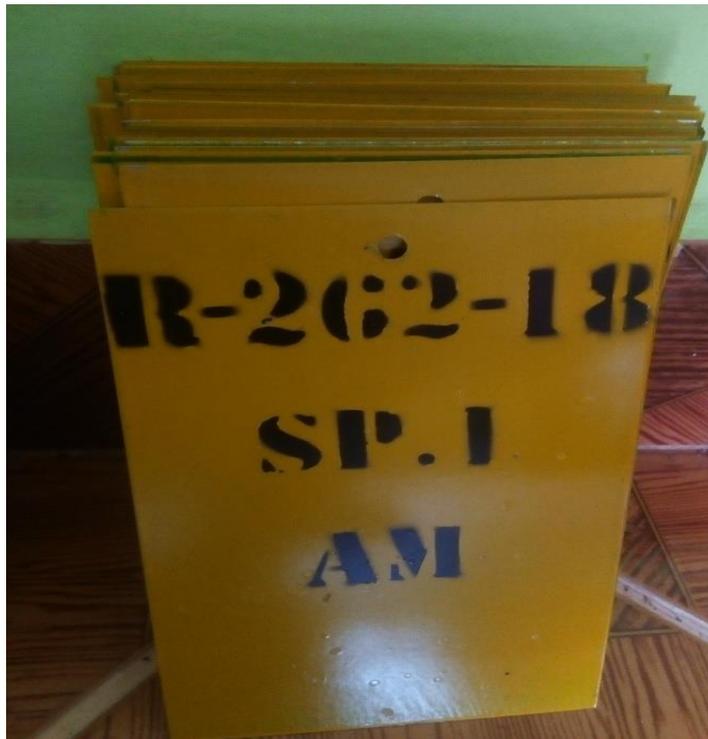


Figura 22. Placa de metal galvanizado (10 cm \*15 centímetros)



Figura 23. Instalación de Placas



Figura 24. Instalación de hito N° 2



Figura 25. Medición del DAP (árbol maduro)



Figura 26. Medición del DAP (fustal)



Figura 27. Medición de distancia



Figura 28. Observación del árbol con clinómetro



Figura 29. Árbol maduro



Figura 30. Árbol fustal



Figura 31. Árbol semillero



Figura 32. Medición de longitud aprovechable de árbol caído



Figura 33. Material de campo (Mapas de ubicación de las subparcelas)

Anexo C. Mapas

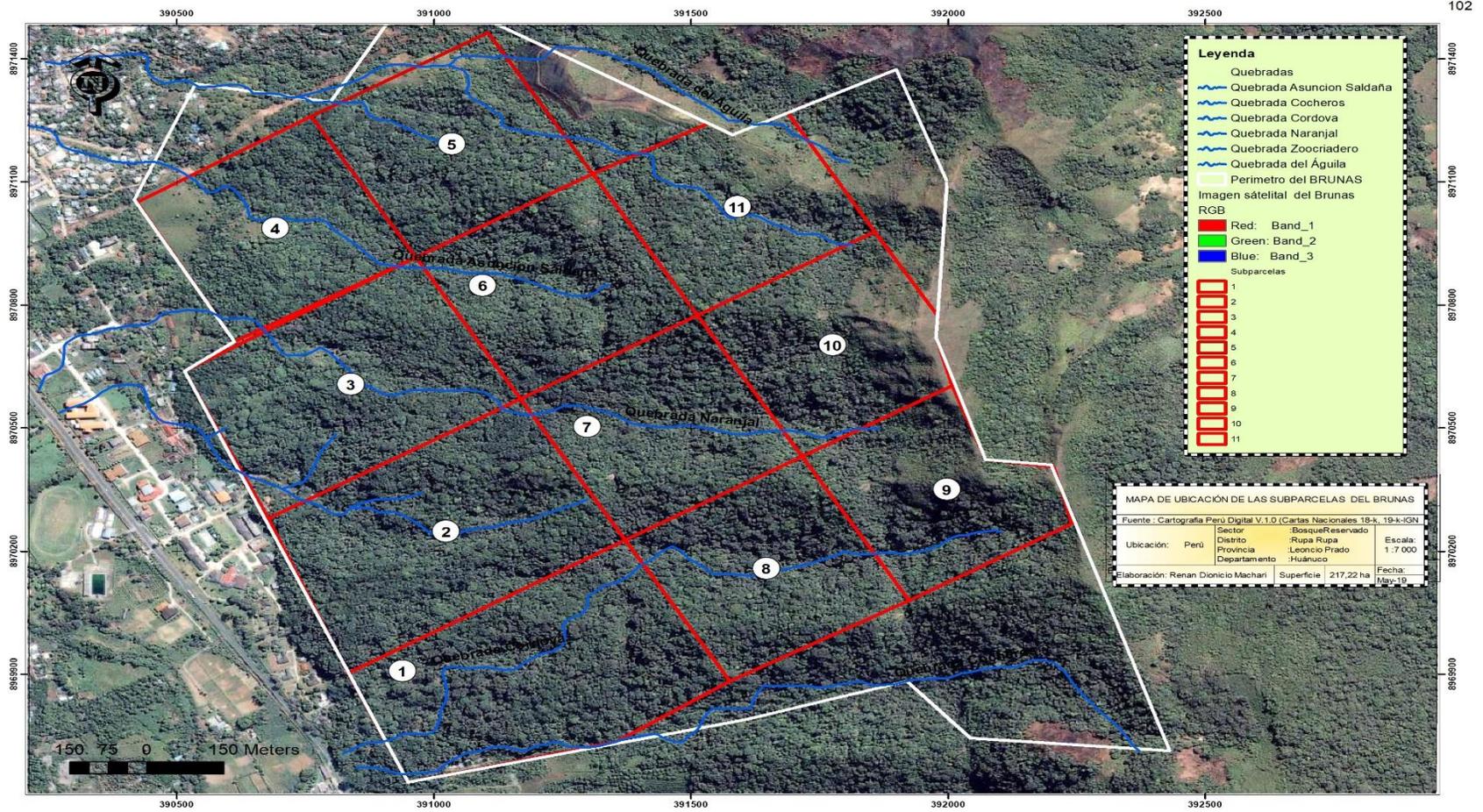


Figura 34. Mapa de ubicación de las subparcelas del BRUNAS

Figura 34. Mapa de ubicación de las subparcelas del BRUNAS

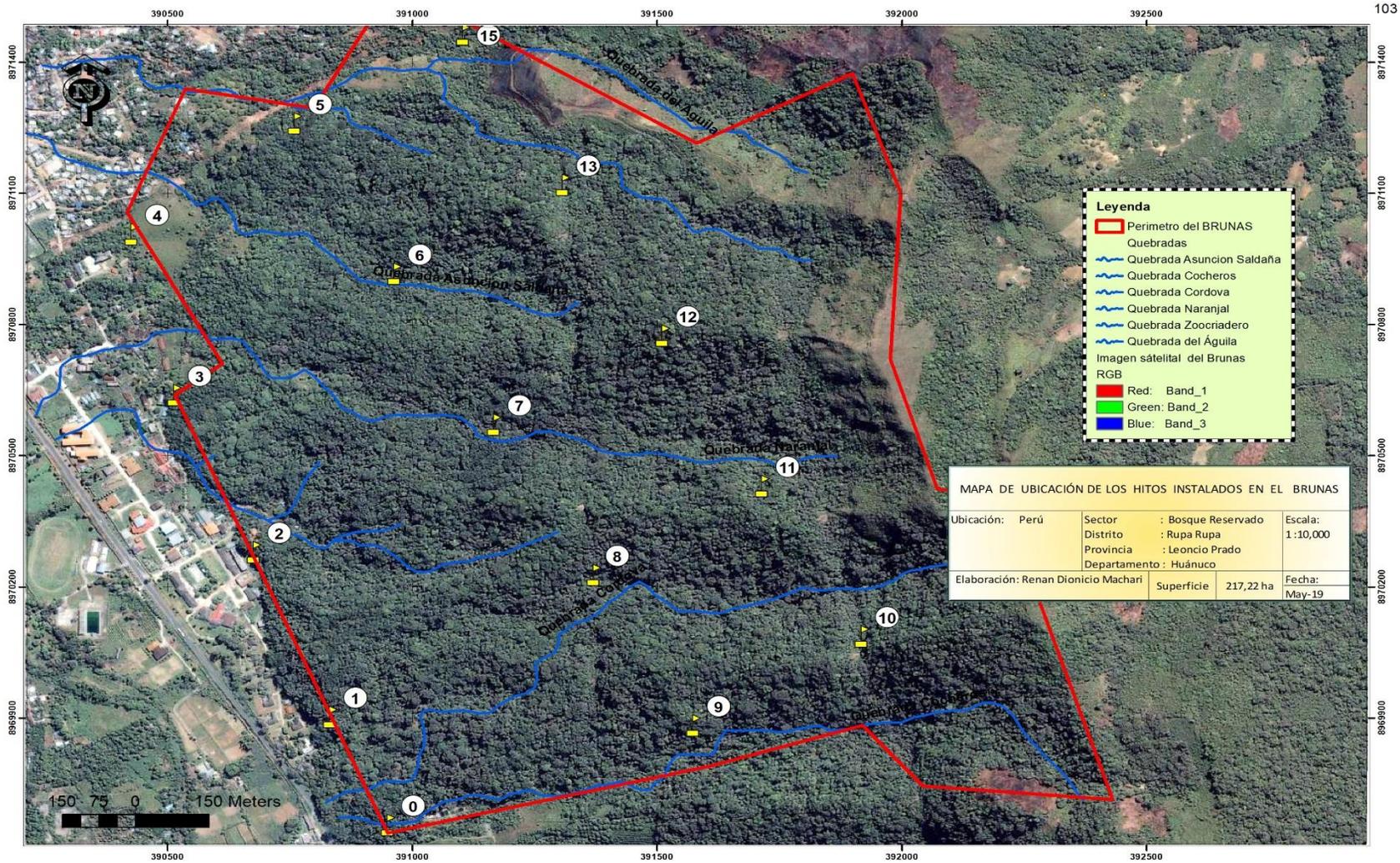


Figura 35. Mapa de ubicación de los hitos instalados en el BRUNAS

Figura 35. Mapa de ubicación de las Hitos instalados en el BRUNAS

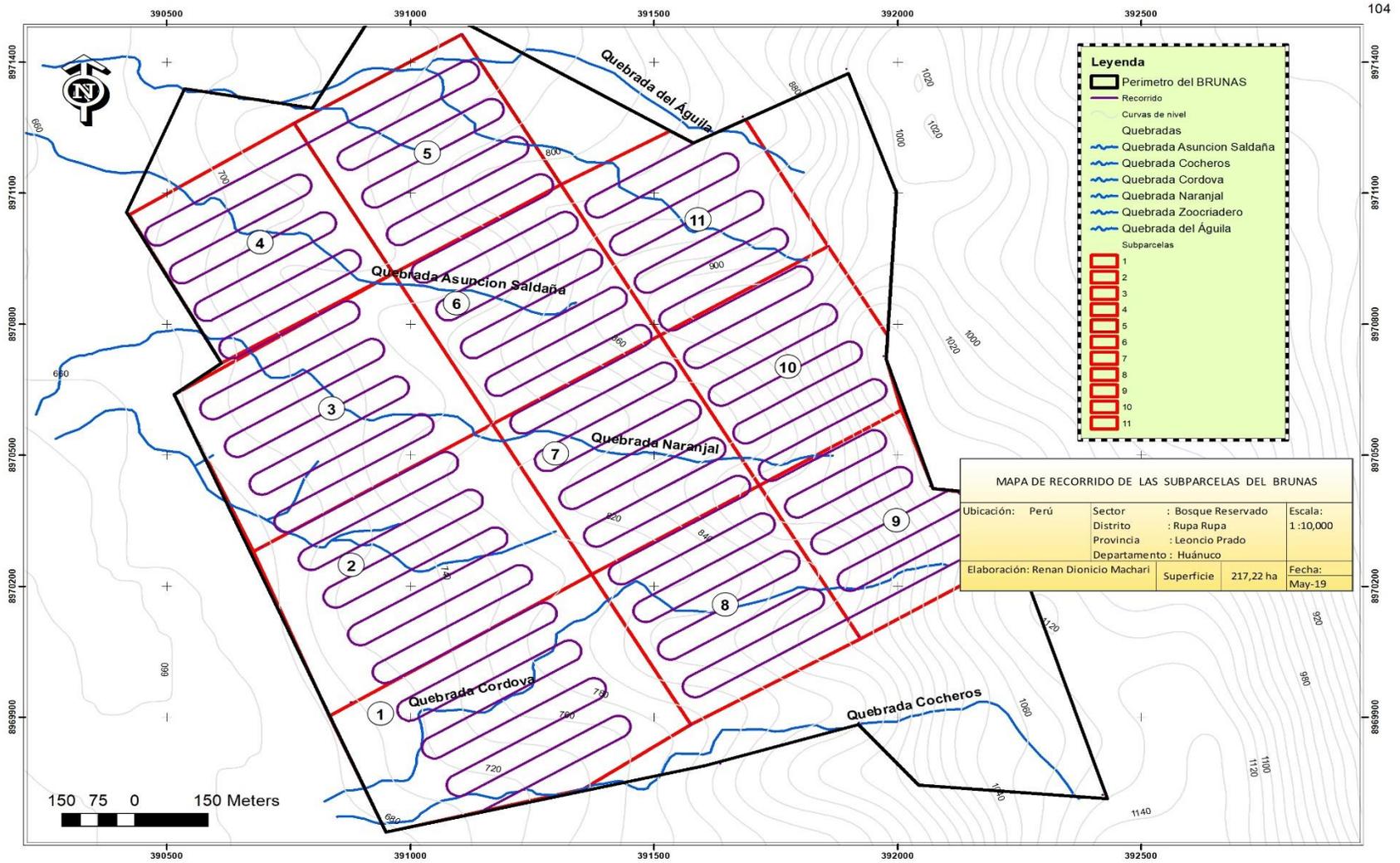


Figura 36. Mapa de ubicación de los hitos instalados en el BRUNAS

Figura 36. Mapa de recorrido de las subparcelas del BRUNAS

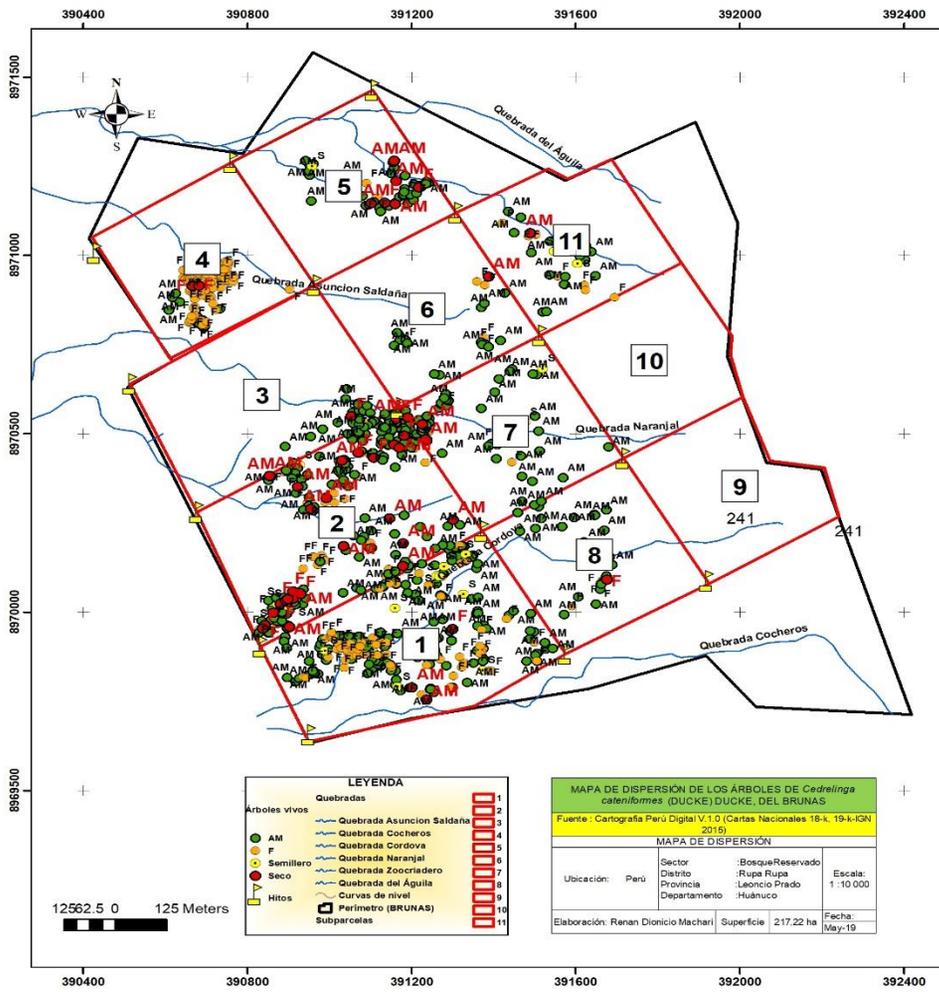


Figura 37. Mapa de dispersión de los árboles de *Cedrelinga cateniformes* del BRUNAS

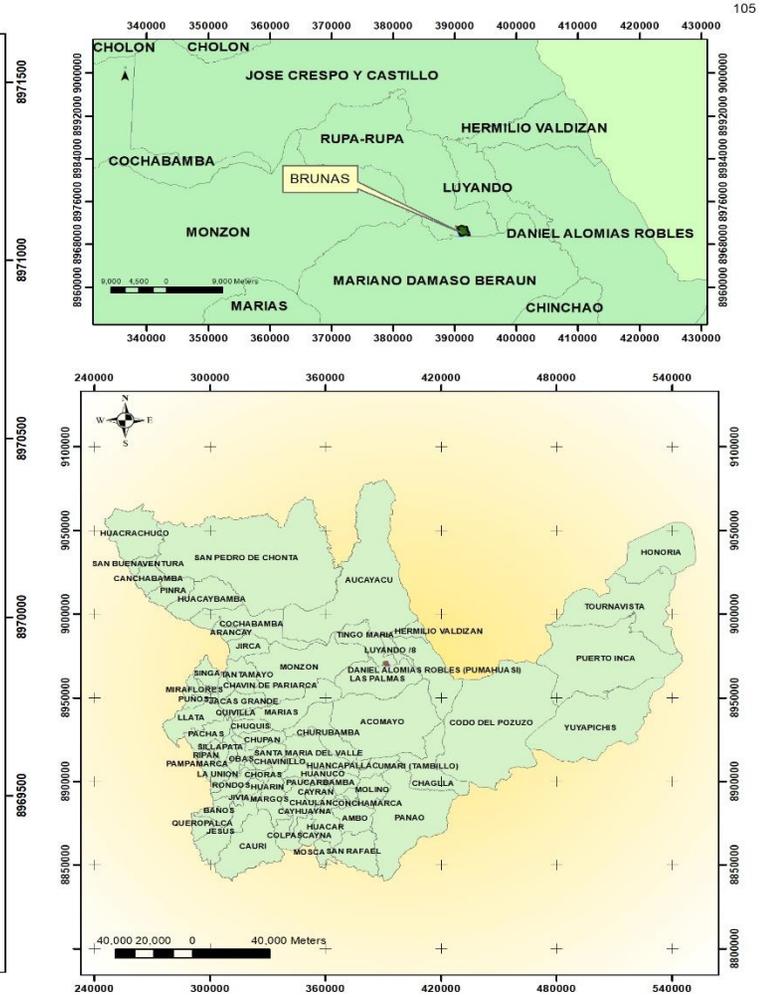


Figura 37. Mapa de dispersión de los árboles de *Cedrelinga cateniformes* (Ducke) DUCKE, del BRUNAS