



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES**

TESIS

**“ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES
COMERCIALES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DE LA COMUNIDAD
NATIVA NUEVO REMANENTE, LORETO, 2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

PRESENTADO POR:

SANTOS CELESTINO CANAQUIRI PIZANGO

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 050-CTG-FCF-UNAP-2023

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 23 días del mes de agosto del 2023, a horas 12:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DE LA COMUNIDAD NATIVA NUEVO REMANENTE, LORETO, 2022", aprobado con R.D. N° 0447-2022-FCF-UNAP, presentado por el bachiller SANTOS CELESTINO CANAQUIRI PIZANGO, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0105-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Saron Quintana Vásquez, Dra. : Presidenta
Ing. Ricardo Reátegui Amasifuen, Dr. : Miembro
Bigo. Carlos Roberto Dávila Flores, M.Sc. : Miembro

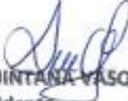
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: *Satisfactoriamente*

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: *Aprobado*.... con la calificación de *Bueno*.....

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las *13:00* Se dio por terminado el acto *Académico*.....


Ing. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, Dra.
Presidenta


Ing. RICARDO REÁTEGUI AMASIFUEN, Dr.
Miembro


Bigo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, M.Sc.
Miembro


Ing. RONALD BURCA ALVARADO, Dr.
Asesor

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA
DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

“Estructura diamétrica y stock de carbono en las especies comerciales de un
bosque de colina baja de la comunidad nativa Nuevo Remanente, Loreto, 2022”

MIEMBROS DEL JURADO

.....
ING. SARON QUINTANA VASQUEZ, Dra.
Presidente

REGISTRO CIP N° 71600

.....
ING. RICARDO REATEGUI AMASIFUEN, Dr.
Miembro

REGISTRO CIP N° 52331

.....
BLGO. CARLOS ROBERTO DAVILA FLORES, M. Sc.
Miembro

REGISTRO CBP N° 6162

.....
Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.
Asesor

REGISTRO CIP N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS - CANAQUIRI PIZANGO SANTOS C
ELESTINO.pdf**

RECuento DE PALABRAS

11049 Words

RECuento DE CARACTERES

45542 Characters

RECuento DE PÁGINAS

35 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

291.6KB

FECHA DE ENTREGA

Jan 16, 2023 7:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 16, 2023 7:00 PM GMT-5

● **36% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 36% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

Dedicado a mi hermana **Mónica Letica Canaquiri Pizango**, que Dios la tiene en su gloria y ahora es un ángel que guía mi vida y se que esta muy orgullosa de mis logros y desde donde este me bendice y cuida.

A mis padres **Celestino Canaquiri Huaycama** y **Teresa Pizango Villacorta**, por haberme forjado en ser una persona con disciplina, responsable, respetuoso y con muchos valores, mis logros se los debo a ellos incluyendo la presente tesis.

A mis Hermanos **Jhonatan Fidel Canaquiri Pizango** y **Fatima Victoria Canaquiri Pizango**, por apoyarme y confiar en mis capacidades y habilidades, y ser los motivos para salir adelante profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a Dios por haberme cuidado, guiado y darme buena salud, en este proceso de aprendizaje y experiencia para cumplir mis metas y ser una buena persona y un excelente profesional.

A mi asesor **Ing. Ronald Burga Alvarado**, por haberme dedicado su tiempo y su sabiduría en el proceso del trabajo de investigación.

A mis jurados de sustentación, **Ing. Saron Quintana Vasquez, Ing. Ricardo Reategui Amasifuen y Blgo. Carlos Roberto Davila Flores**, por sus valiosos consejos y por haber sido parte de esta etapa profesional.

A mi novia **Clara Bellodas Pisco**, por estar conmigo siempre y apoyarme en esta etapa de mi vida profesional, y a toda su familia por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DE INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	5
1.3. Definición de términos básicos	7
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	9
2.1. Formulación de la hipótesis	9
2.2. Variables y su operacionalización	9

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño	10
3.2. Diseño muestral	11
3.3. Procedimientos de recolección de datos	11
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	11
3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	11
3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie	12
3.4.3. Cálculos	12
• Cálculo de la biomasa seca aérea	12
• Cálculo del volumen maderable comercial	12
• Cálculo de la biomasa seca radicular	13
• Cálculo de la biomasa total	13
3.4.4. Cálculo del stock de carbono	13
3.4.5. Determinar si la estructura diamétrica se correlaciona con la biomasa y el stock de carbono	14
3.5. Aspectos éticos	14
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	15
4.1. Composición florística	15
4.2. Estructura diamétrica del bosque de colina baja	17
4.3. Volumen de madera comercial	19
4.4. Biomasa seca	23

4.5. Stock de carbono	27
4.6. Correlación de la estructura diamétrica entre la biomasa y el stock de carbono almacenado	31
4.6.1. Prueba de normalidad	31
CAPITULO V: DISCUSIÓN	33
5.1. Estructura diamétrica	33
5.2. Stock de carbono almacenado en el bosque de colina baja	34
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	36
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	37
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	38
ANEXOS	43
Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio ubicado en el distrito el Tigre	44
Anexo 2. Mapa de ubicación plan operativo 01 ubicado en el distrito del tigre	45
Anexo 3. Mapa de dispersión del área de estudio	46
Anexo 4. Identificación botánica de las especies forestales	47
Anexo 5. Constancia de uso de base de datos	49

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1.	Relación de especies, géneros, familias y número de árboles	16
2.	Número de árboles por clase diamétrica (cm) y por especie	18
3.	Volumen maderable por clase diamétrica y por especie	21
4.	Biomasa seca por clase diamétrica y por especie	25
5.	Stock de carbono almacenado por clase diamétrica y por especie	29
6.	Prueba de normalidad para los datos registrado en el bosque de colina baja	31
7.	Correlación entre la variable DAP y biomasa	32
8.	Correlación entre la variable DAP y stock de carbono almacenado	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1.	Número de árboles por familia	15
2.	Número de árboles por especie forestal	17
3.	Distribución del número de árboles por clase diamétrica	19
4.	Volumen maderable comercial por clase diamétrica y por hectárea	20
5.	Biomasa seca por clase diamétrica	23
6.	Stock de carbono almacenado por clase diamétrica	27
7.	Diagrama de caja para el DAP y altura comercial	32

RESUMEN

En un bosque de colina baja en el distrito de El Tigre, Loreto, Perú, se midió la estructura diamétrica y las reservas de carbono en especies comercialmente significativas. Se evaluaron los datos del censo forestal de la parcela de corta (PC) 1 plan operativo (PO) 1 para las especies comerciales. Las especies con más árboles en la zona son *Virola albidiflora*, *Otoba parvifolia*, *Albizia subdimidiata*, *Macrolobium acaciifolium* y *Cedrelinga cateniformis*. Las clases diamétricas de 50 cm a 60 cm (2,40 árboles/ha), 60 cm a 70 cm (1,87 árboles/ha) y 70 cm a 80 cm (2,99 árboles/ha) muestran los valores más altos. La reserva de carbono es de 36,86 tC/ha, es decir, 30 284,46 tC. Las mayores concentraciones de reservas de carbono se encuentran en las especies *Cedrelinga cateniformis* (5,44 tC/ha), *Virola albidiflora* (3,08 tC/ha), *Albizia subdimidiata* (2,81 tC/ha), *Otoba parvifolia* (2,27 tC/ha) y *Macrolobium acaciifolium* (2,21 tC/ha). Las clases diamétricas de 60 a 70 cm (8,45 tC/ha), 70 a 80 cm (7,50 tC/ha) y 110 cm y más (6,61 tC/ha) presentan las mayores concentraciones de reservas de carbono. El análisis estadístico indica que no existe ninguna asociación o bien una relación débil entre la estructura diamétrica, la biomasa y las reservas de carbono ($r=0,024$ en ambos casos; nivel de significación = 0,01 en ambos casos).

Palabras claves: Estructura diamétrica, stock de carbono bosque, colina baja, El Tigre.

ABSTRACT

Diametric structure and carbon stocks in commercially significant species were measured in a low hill forest in the district of El Tigre, Loreto, Peru. Forest census data from cutting plot (CP) 1 operational plan (OP) 1 were evaluated for commercial species. The species with the most trees in the area are *Virola albidiflora*, *Otoba parvifolia*, *Albizia subdimidiata*, *Macrolobium acaciifolium* and *Cedrelinga cateniformis*. The diameter classes of 50 cm to 60 cm (2.40 trees/ha), 60 cm to 70 cm (1.87 trees/ha) and 70 cm to 80 cm (2.99 trees/ha) show the highest values. The carbon stock is 36.86 tC/ha, or 30 284.46 tC. The highest concentrations of carbon stocks are found in the species *Cedrelinga cateniformis* (5.44 tC/ha), *Virola albidiflora* (3.08 tC/ha), *Albizia subdimidiata* (2.81 tC/ha), *Otoba parvifolia* (2.27 tC/ha) and *Macrolobium acaciifolium* (2.21 tC/ha). The diameter classes of 60 to 70 cm (8.45 tC/ha), 70 to 80 cm (7.50 tC/ha) and 110 cm and more (6.61 tC/ha) show the highest concentrations of carbon stocks. The statistical analysis indicates that there is either no association or a weak relationship between diameter structure, biomass and carbon stocks ($r=0.024$ in both cases; significance level = 0.01 in both cases).

Keywords: Diametric structure, forest carbon stock, low hill, El Tigre.

INTRODUCCIÓN

Los árboles desempeñan un papel importante en la gran variedad de paisajes que hay en nuestro país. Los árboles son los que más carbono almacenan, ya que constituyen la mayor parte de la biomasa de los bosques.

Analizando y examinando las características estructurales del bosque determinadas sobre el terreno, es posible desarrollar tratamientos más exitosos y eficaces para este tipo de ecosistema, ya sea en términos de producción o de protección de las especies reconocidas.

La investigación y evaluación de las características estructurales del bosque obtenidas sobre el terreno pueden servir para desarrollar tratamientos más precisos y eficaces para este tipo de ecosistema, ya sea en términos de producción o de protección de las especies identificadas. La creciente pérdida de diversidad vegetal provocada por la tala selectiva de determinadas especies forestales debido a su alto valor comercial es uno de los principales problemas que sufre actualmente la selva tropical (Maldonado, 2016, p. 1)

La estructura y composición de los bosques se ven influidas por la capacidad del ecosistema para adaptarse a los cambios, así como por la mortalidad provocada por la caída de árboles individuales (García, 2014, p. 8).

La diversidad de especies se considera el aspecto más importante de los elementos que componen la vegetación de un ecosistema, ya que cada especie posee cualidades morfológicas distintas que perduran en el tiempo. Los árboles son los elementos estructurales más importantes de un ecosistema forestal; según sus características morfológicas, las distintas especies tienen estructuras variadas (Rio, 2003, como se citó en García, 2014, p. 8).

Evaluar los escasos datos sobre su estructura diamétrica y sus reservas de carbono es crucial para comprender la contribución de los bosques amazónicos peruanos al ciclo global del carbono.

La capacidad de secuestro de carbono está correlacionada con el potencial de formación de biomasa. Por lo tanto, los lugares donde es posible producir rendimientos considerables de biomasa tienen el mayor potencial de secuestro de carbono (Torres y Guevara, 2002, p. 44).

La conservación y renovación de los bosques es una de las partes más cruciales de la lucha contra el cambio climático. Para las consideraciones de política pública, la cantidad de carbono almacenado en la biomasa leñosa es esencial. (Chow y Gutiérrez, 2013, p. 42).

El objetivo principal de esta investigación es determinar la influencia de la estructura diamétrica y la reserva de carbono en especies comerciales de un bosque de colina baja en la comunidad nativa de Nuevo Remanente, Loreto, en 2022.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Todos los árboles de especies comerciales con un DAP igual o superior al diámetro mínimo de tala se incluyeron en la población de estudio, según los resultados de un estudio cuantitativo, descriptivo, no experimental, de nivel elemental, realizado en 2022. La diversidad florística del bosque de colina baja contenía 12 346 especies arbóreas distintas, 48 especies forestales, 43 géneros y 18 familias botánicas. La reserva total de carbono del bosque era de 49 633,34 tC (o 25,14 tC/ha). Las 30 especies con mayores reservas de carbono totalizan 46 083,10 tC (23,34 tC/ha), mientras que las otras 18 especies tienen las menores reservas de carbono, con un total de 3550,24 tC (1,80 tC/ha) (Bustios, 2022, p. 18).

Pouteria caimito, *Virola calophylla* y *Eschweilera bracteosa*, que juntas suman 13 378,74 tC (6,77 tC/ha), son las siguientes mayores fuentes de carbono después de *Acacia lorentensis*. Las 26 especies restantes suman 32 7043,6 tC (16,57 tC/ha), que es la mayor reserva de carbono. Las plantas con menores reservas de carbono son *Tachigali paniculata* (0,20 tC/ha), *Anacardium giganteum* (0,22 tC/ha) y *Pterocarpus santalinoides* (0,23 tC/ha). Las mayores concentraciones de carbono se registraron en las clases diamétricas de 60 a 69 cm (5,25 tC/ha), 70 a 79 cm (5,24 tC/ha) y 100 cm y más (4,89 tC/ha). Las clases diamétricas de 40 a 49 cm (0,18 tC/ha), 90 a 99 cm (2,51 tC/ha) y 50 a 59 cm (3,01 tC/ha) presentaron los niveles más bajos de reservas de carbono (Bustios, 2022, p. 28).

En 2015 se realizó un estudio básico descriptivo, cuantitativo, de nivel inicial, y los resultados mostraron que todos los árboles de especies comerciales y semilleros con un DAP superior o igual al diámetro mínimo de tala constituían la población de estudio. La distribución del número de árboles por clase diamétrica entre las 25

especies que tienen más árboles, lo que da como resultado una densidad de 405,36 árboles por hectárea de un total de 614,36 árboles. Las especies con mayor densidad son *Brosimum lactescens* "chimicua" con 39,91 árboles por hectárea, *Couepia bracteosa* "parinari" con 39,45 árboles por hectárea, *Inga* sp. "shimbillo" con 36,55 árboles por hectárea, *Pourouma guianensis* "sacha uvilla" con 28,55 árboles/ha y *Protium amazonicum* "copal" con 20,36 árboles/ha. Las 25 especies con mayor valor tienen una reserva de carbono de 71,39 tC/ha, es decir, el 71,10% del total 100,41%. Las dos especies del área de estudio con mayor contenido de carbono total son *Pouteria guianensis* "caimitillo" (9,26 tC/ha) y *Eschweilera bracteosa* "machimango negro" (116,38 tC/ha). Las especies *Helicostylis tomentosa* "misho chaqui" (0,90 tC/ha), *Virola peruviana* "cumala blanca" (1,11 tC/ha) y *Sloanea guianensis* "cepanchina" (0,84 tC/ha) se enseñan en valores inferiores (Frias, 2015, pp. 39, 40, 44).

En 2019 se llevó a cabo un estudio básico descriptivo, cualitativo y cuantitativo; los resultados revelaron que la población de estudio estaba formada por todos los árboles de especies forestales comerciales con un DAP superior o igual al diámetro mínimo de corta. En colina baja, el estudio descubrió 14 510 árboles, 17 grupos botánicos y 47 especies forestales comerciales. Las familias Lecythidaceae y Myristicaceae ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente, con cuatro especies cada una, y la familia Fabacea es la que cuenta con más especies (12). La reserva total de carbono del bosque es de 44 958,22 tC, siendo aguanillo el que tiene la mayor reserva de carbono (3778,33 tC), seguido de pashaco (3267,79 tC), almendro (2466,15 tC), cumala blanca (2398,94 tC) y palisangre (2381,11 tC) (Mori, 2019, pp. 20, 27).

Todas las especies forestales con un DAP mayor o igual a 30 cm en una superficie de aproximadamente 2555 ha se incluyeron en la población de estudio, según un estudio descriptivo de nivel básico que se llevó a cabo en 2017. Entre las 25 especies más significativas del bosque de terraza baja con drenaje muy pobre se encuentran *Otoba glycyarpa* "cumala aguanillo", *Virola lorentensis* "cumala blanca", *Carapa guianensis* "andiroba", *Virola pavonis* "cumala caupuri" y *Virola peruviana* "cumala blanca", presentaron las mayores reservas de carbono. Por otro lado, de un total de 32,96 tC/ha, el bosque de terraza baja con drenaje moderado obtuvo 26,72 tC/ha (81,07%). *Virola albidiflora* "cumala" (1,77 tC/ha), *Otoba parvifolia* "cumala aguanillo" (1,62 tC/ha), *Calophyllum brasiliense* "lagarto caspi" (1,58 tC/ha), *Ocotea longifolia* "moena" (1,55 tC/ha), y *Pouteria hispida* "quinilla" (1,42 tC/ha) contenían las mayores existencias (1,07%) (Riofrio, 2017, pp. 38, 39).

1.2. Bases teóricas

La composición florística del bosque viene determinada por el número de géneros y especies descubiertos durante el inventario, que se utiliza sobre todo para definir la estructura arbórea fundamental del bosque. Se presta especial atención a la riqueza de especies, la diversidad de especies y la similitud de especies a la hora de considerar los factores que podrían complementar mejor los datos de composición (Louman y Quiroz, *et al.*; 2001, como se citó en Perla y Tórrez, 2008, p. 8).

La estructura de la vegetación refleja la distribución espacial de las plantas (Quirós et al. 2003, como se citó en Alvarado 2013, p. 16). La distribución uniforme de los diámetros garantiza la supervivencia de una especie forestal, así como su uso razonable de acuerdo con los principios del rendimiento sostenido (Finol, 1974, como se citó en Alvarado, 2013, p. 17).

Analizar la estructura del bosque permite identificar los individuos presentes y su distribución en la zona accesible. Además, expone la ubicación de los árboles, cómo compiten entre sí y si ciertos estratos son más o menos agresivos que otros (Castillo y Calvo, 2011, p. 11, como se citó en Maldonado, 2016, p. 5).

La cantidad de materia orgánica presente en un área determinada (en peso) se denomina biomasa, que se limita a una cantidad representativa de vegetación en un censo forestal dado. La cantidad de secuestro de carbono que puede incluirse en la biomasa depende de las especies para las que puedan realizarse estimaciones (Almazán, 2013, p. 11).

Para estimar la biomasa de madera, se pueden utilizar varios métodos además de los modelos alométricos de biomasa. El inventario suele incluir el volumen comercial o total. Para convertir este volumen en biomasa se requiere la densidad básica de la madera, lo que permite convertir el volumen húmedo en biomasa (Alvarez, 2008, p. 22).

La biomasa arbórea, que se mide en toneladas por hectárea y comprende la cantidad de materiales orgánicos por encima y por debajo del suelo, es donde se encuentran las reservas de carbono en un ecosistema forestal. Los cuatro tipos de biomasa arbórea que se tienen en cuenta son la biomasa viva, la subterránea, la materia orgánica muerta y la biomasa del suelo (Arévalo, 2015, pp. 1-2).

Dado que puede utilizarse para calcular la cantidad de carbono vertido a la atmósfera o almacenado y fijado en una región determinada, la medición de la biomasa forestal es crucial. Dependiendo del tipo de bosque y de su fase de desarrollo, la cantidad de carbono almacenado varía sustancialmente (Brown, *et al.*; 1996, como se citó en Espíritu, 2021, p. 8).

El carbono del árbol es una parte estable de la biomasa hasta el momento en que se pudre, muere y libera su carbono almacenado en forma de dióxido de carbono a la atmósfera. Sin embargo, si la madera se tala, se convierte en madera aserrada que puede utilizarse para construir edificios, fabricar muebles o para otros fines respetuosos con el medio ambiente, el dióxido de carbono permanece allí hasta que la madera se pudre (Vilches y Rendón, 2002; IDPC, 2010, como se citó en Espíritu, 2021, p. 8).

1.3. Definición de términos básicos

Biomasa.- La totalidad de la materia orgánica, tanto por encima como por debajo de la superficie de la tierra (Lino, 2009, p. 16).

Bosque de colina baja.- Su relieve topográfico presenta notables pendientes con una topografía complicada que oscila entre el 15% y el 35%, y crece en un entorno ondulado y accidentado (Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado, [PROFONANPE], 2007, p. 37).

Bosque.- Zona cubierta de árboles y arbustos (Quispe, 2010, p. 15).

Carbono.- Elemento químico sólido, no metálico, que se encuentra en todos los materiales orgánicos y en algunos inorgánicos (Lino, 2009, p. 16).

Carbono almacenado.- Incluye todo lo que se ha acumulado en los distintos componentes (Honorio y Baker, 2010, p. 11).

Dioxido de carbono (CO₂).- Gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido. formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (Lino, 2009, p. 16).

Especies.- Elementos que están relacionados entre sí porque poseen una o más de las mismas características (Rae y Asale, 2010, p.1).

Estructura diamétrica.- La distribución de árboles individuales dentro de las distintas clases de diámetro, el número medio de árboles por hectárea y por clase, y mucho más (Wabo, 1999, p. 1).

SendeCO2.- Se trata de una empresa especializada en la prestación de asistencia técnica y la compraventa de permisos de emisión para instalaciones industriales reguladas por la Directiva sobre comercio de derechos de emisión (DIE) de la UE (<https://www.google.com/search?q=que+signifca+sendeco2&oq=que+signifca+sendeco2&aqs=chrome..69i57j0i22i30.712185277j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Existe correlación entre la estructura diamétrica y el stock de carbono en las especies comerciales de un bosque de colina baja de la comunidad nativa Nuevo Remanente, Loreto, 2022.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Independiente - Estructura diamétrica	Distribución de los individuos arbóreos en clases de diámetro o clases diamétricas.	Cuantitativa	- DAP	40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 100-110 110 a más	Fichas de registro de los valores dasométricos.
Dependiente - Biomasa - Stock de carbono	Peso de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo. Elemento químico sólido y no metálico que se encuentra en todos los compuestos orgánicos y en algunos inorgánicos.	Cuantitativa	- Kilogramos - Toneladas de carbono	Cardinal	Formato para registrar datos dasométricos, biomasa y reservas de carbono de árboles individuales de diferentes especies forestales. Base de datos para inventario y hoja de cálculo Excel.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

La investigación es cuantitativa, cualitativa, no experimental, descriptiva, correlacional y de nivel básico.

La investigación se llevó a cabo en el bosque de colina baja de la parcela de corta (CP) 1 del plan operativo (PO) 1, que tiene una superficie aproximada de 821,59 ha. La superficie del POA es de 1532,31 ha. El área de estudio está delimitada por las siguientes coordenadas UTM: V1 (9697691,76 N y 414369,67 E), V2 (9697691,76 N y 417211,99 E), V3, (9695691,76 N y 417211,99 E), V4, (9695691,76 N y 413211,00 E), V5 (9697545,00 N y 413218,00 E), y V6 (9698120,00 N y 414368,00 E). Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito el Tigre, Provincia de Loreto, Región Loreto (Anexo 1).

La accesibilidad a la zona de estudio se determinó tomando como referencia la ciudad de Iquitos. Desde allí, se tarda unas dos horas por tierra en recorrer los 112 kilómetros hasta el pueblo de Nauta; desde allí, se tarda otras 18 horas en motonave comercial en recorrer el río Tigre hasta el asentamiento nativo de Nuevo Remanente.

El Proyecto Bosques del Perú, financiado por USAID, desarrolló y validó el método de RECOLECCIÓN SINCRONIZADA DE BOSQUES, que se utilizó para realizar el censo forestal para el que se capacitó al OSINFOR y al SERFOR.

El censo forestal comercial utiliza la georreferenciación directa para integrar la tecnología digital. Se apoya principalmente en programas de software libre, ArcMap v10.2, herramientas de información geográfica, y en el uso de imágenes de satélite SRTM y LANDSAT, que permiten la visualización cartográfica del área de trabajo. Se utilizó el software GPS Map Edit 1.0 para instrumentar el GPS Garmin Map 62S

(Sistema de Posicionamiento Global) utilizando datos digitales relacionados con el diseño del censo forestal comercial a realizar en la parcela de corta. Esto tiene el efecto de aumentar la capacidad de almacenamiento de datos, incorporar más precisión en la localización geográfica de la recogida de datos y mejorar la orientación de los movimientos de las brigadas. No es necesario abrir trochas, lo que supone un cambio significativo respecto a la estrategia tradicional.

3.2. Diseño muestral

Todos los árboles de especies comercialmente viables con un DAP mayor o igual al DMC del PO 1 constituyeron la población de estudio. Dado que se realizó un censo forestal, la muestra coincidió exactamente con la población (100%).

3.3. Procedimientos de recolección de datos

El estudio utilizó datos de campo recogidos durante el censo forestal de junio de 2022, en el que se utilizó un formulario para registrar el nombre de las especies, el DAP, la altura comercial, las coordenadas UTM y algunas observaciones (véase el anexo 2). La recogida de datos sobre el terreno se llevó a cabo a lo largo de un mes.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

A partir de la información recopilada se procedió al procesamiento y análisis de los datos. Para cada árbol individual y cada especie, se utilizaron los formularios para calcular la biomasa y las reservas de carbono, como se indica en el Anexo 3.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

El nombre común, nombre científico y familia de las especies forestales listadas en el censo forestal fueron validados e identificados por el Herbario Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie

Basándose en el diámetro a la altura del pecho (DAP), se realizaron clasificaciones de cada categoría de 10 cm de diámetro. Para permitir comparaciones con los resultados de otras investigaciones, en este estudio se eligió un intervalo de clase de 10 cm de conformidad con los criterios de normalización mundial (Cardenas, 1986, citado por Alvarado, 2013, pp. 26-27).

3.4.3. Cálculos

✓ Cálculo de la biomasa seca aérea

La biomasa aérea de las especies forestales empleadas con fines comerciales en la concesión forestal se calculó mediante la fórmula desarrollada por Dauber *et al.* (2008, p. 9).

$$Bsa = Vc * DB * FEB$$

Dónde: Bsa = biomasa seca aérea (kg); Vc = volumen comercial del árbol (m³); DB = densidad básica de la madera de una especie en particular (kg/m³) (Zane *et al.*, 2009); FEB= factor de expansión de biomasa (2,25) (Dauber *et al.*, 2008, p. 9).

✓ Cálculo del volumen maderable comercial

Para cada árbol individual, el volumen de madera se determinó utilizando su DAP con mayor o igual al DMC, su altura comercializable y el coeficiente de forma de 0,7 para especies forestales tropicales. El área basal se determinó inicialmente aplicando la siguiente fórmula (MINAN, 2015, p. 34):

$$AB = 0,7854 * (DAP)^2$$

Donde: AB = área basal (m²); DAP = diámetro a la altura del pecho (m). Con este dato se calculó el volumen comercial aplicando la siguiente fórmula (MINAN, 2015, p. 35):

$$V_c = AB * H_c * F_f$$

Dónde: V_c = volumen comercial (m^3); AB = área basal (m^2); H_c = altura comercial (m); F_f = factor de forma (0,7).

✓ **Cálculo de la biomasa seca radicular**

Dado que la biomasa radicular representa el 20% del peso de la biomasa aérea, se ha realizado esta estimación (Higuchi y Carvalho, 1994, p. 144, como se citó en Ribeyro, 2020, p. 15), entonces:

$$B_r = (0,20) B_a$$

Donde: B_r = biomasa radicular (kg); B_a = biomasa aérea (kg)

✓ **Cálculo de la biomasa total**

Según Higuchi y Carvalho (1994, p. 144, como se citó en Ribeyro, 2020, p. 15), la biomasa total se determinó sumando la biomasa aérea y la biomasa radicular.

$$B_t = B_a + B_r$$

Dónde: B_t = biomasa total (kg); B_a = biomasa aérea (kg); B_r = biomasa radicular (kg).

3.4.4. Cálculo del stock de carbono

Dado que la materia seca suele incluir el 50% del carbono almacenado, la biomasa total se multiplicó por 0,5 para calcular la reserva de carbono por árbol individual. Para ello se utilizó la siguiente fórmula Quiceno, *et al.* (2016, p. 185).

$$CBT = BT * 0,5$$

Dónde: CBT = Stock de carbono en toneladas de carbono (tC); BT = biomasa seca en kilogramos (kg).

3.4.5. Determinar si la estructura diamétrica se correlaciona con la biomasa y el stock de carbono

Al emplear los datos de DAP y altura comercial de los individuos arbóreos existentes en el bosque evaluado, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos. Para lo cual se planteó la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula (H₀):	La variable SI sigue una distribución normal	<i>p</i> -valor < 0,05
Hipótesis alterna (H₁):	La variable aleatoria NO sigue una distribución normal	<i>p</i> -valor > 0,05

Se eligió el coeficiente de correlación de la prueba no paramétrica Rho de Spearman porque los resultados muestran que los datos no son normales (Rosas et al., 2010, p. 22):

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s = coeficiente de correlación por rangos de Spearman

d = diferencia entre los rangos (X menos Y)

n = número de datos

3.5. Aspectos éticos

En la realización de este estudio se observaron los cuatro principios éticos fundamentales de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Composición florística

La composición florística de este bosque se compone de 7733 árboles dispersos en 43 especies forestales, 39 géneros y 19 familias botánicas. El mayor número de géneros corresponde a la familia Fabaceae (11 géneros), seguida de Lecythidaceae, Myristicaceae y Lauraceae (tres géneros cada una), Malvaceae, Moraceae, Bignoniaceae y Sapotaceae (dos géneros cada una), mientras que las 11 familias restantes tienen un género cada una (Cuadro 1).

La familia Myristicaceae tiene el segundo mayor número de árboles (2066), seguida de la familia Lecythidaceae (662), la familia Moraceae (485) y la familia Fabaceae (2304 árboles). En segundo orden figuran las familias Malvaceae (395 árboles), Lauraceae (303 árboles), Sapotaceae (254 árboles), Vochysiaceae (230 árboles), Bignoniaceae (188 árboles), Meliaceae (169 árboles), Combretaceae (162 árboles) y Simaroubaceae (131 árboles); mientras que Apocynaceae, Rubiaceae, Clusiaceae, Caryocaraceae, Anacardiaceae, Chrysobalanaceae y Burseraceae contienen menos árboles, respectivamente.

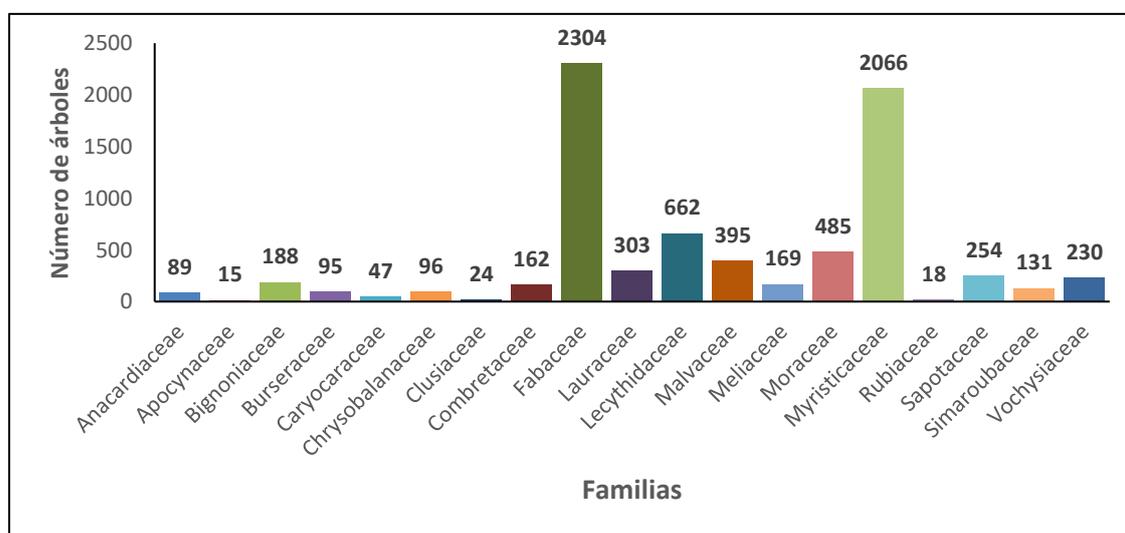


Figura 1. Número de árboles por familia

Cuadro 1. Relación de especies, géneros, familias y número de árboles

N°	Especie		Familia	N° de árboles
	Nombre común	Nombre científico		
1	Aguanillo	<i>Otoba parvifolia</i>	Myristicaceae	829
2	Almendro	<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae	47
3	Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Fabaceae	69
4	Cachimbo	<i>Allantoma decandra</i>	Lecythidaceae	56
5	Caimitillo	<i>Micropholis egensis</i>	Sapotaceae	228
6	Canela moena	<i>Licaria triandra</i>	Lauraceae	24
7	Casho	<i>Anacardium giganteum</i>	Anacardiaceae	89
8	Charapilla	<i>Taralea oppositifolia</i>	Fabaceae	34
9	Chontaquiro	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Fabaceae	349
10	Copal	<i>Protium nodulosum</i>	Burseraceae	95
11	Cumala	<i>Virola albidiflora</i>	Myristicaceae	1025
12	Cumala caupuri	<i>Virola pavonis</i>	Myristicaceae	70
13	Cumala llorona	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Myristicaceae	142
14	Huamanzamana	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	156
15	Huayruro	<i>Ormosia schunkei</i>	Fabaceae	231
16	Huimba	<i>Ceiba samauma</i>	Malvaceae	153
17	Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	85
18	Machimango	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	383
19	Machimango negro	<i>Eschweilera decolorans</i>	Lecythidaceae	141
20	Mari mari	<i>Vatairea guianensis</i>	Fabaceae	124
21	Maria buena	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Fabaceae	52
22	Marupa	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	131
23	Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	66
24	Moena	<i>Aiouea montana</i>	Lauraceae	213
25	Palisangre	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae	196
26	Palta moena	<i>Persea caerulea</i>	Lauraceae	66
27	Panguana	<i>Brosimum utile</i>	Moraceae	223
28	Papelillo	<i>Couratari macrosperma</i>	Lecythidaceae	82
29	Parinari	<i>Couepeia chrysocalyx</i>	Chrysobalanaceae	96
30	Pashaco	<i>Albizia subdimidiata</i>	Fabaceae	497
31	Pashaco colorado	<i>Macrolobium acaciifolium</i>	Fabaceae	428
32	Pucaquiro	<i>Simira rubescens</i>	Rubiaceae	18
33	Quillobara	<i>Caraipa grandifolia</i>	Clusiaceae	24
34	Quillobordon	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Apocynaceae	15
35	Quillosisa	<i>Vochysia vismiifolia</i>	Vochysiaceae	230
36	Quinilla	<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	Sapotaceae	26
37	Requia	<i>Guarea glabra</i>	Meliaceae	169
38	Sapotillo	<i>Matisia bicolor</i>	Malvaceae	157
39	Shihuahuaco	<i>Dipteryx micrantha</i>	Fabaceae	54
40	Tahuari	<i>Handroanthus serratifolius</i>	Bignoniaceae	32
41	Tangarana	<i>Tachigali tessmannii</i>	Fabaceae	54
42	Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Fabaceae	412
43	Yacushapana	<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae	162
Total				7733

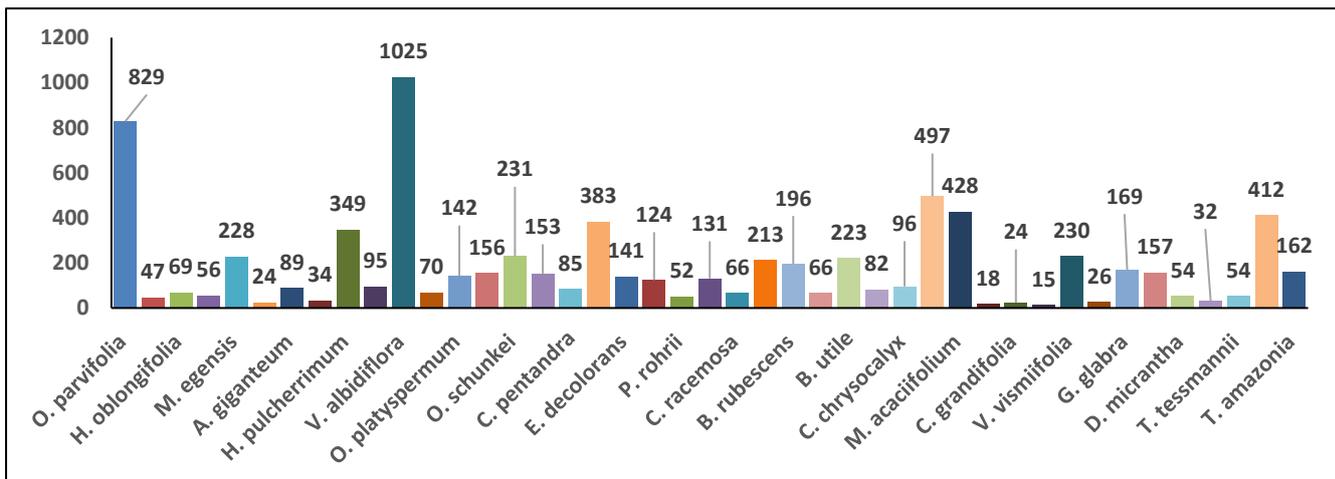


Figura 2. Número de árboles por especie forestal

4.2. Estructura diamétrica del bosque de colina baja

En el cuadro 2 se muestra la distribución de los árboles de este bosque por clase diamétrica y por hectárea. Las estadísticas revelan que se observaron 9,41 árboles por hectárea (821,59 ha) de un total de 7733 árboles. La especie *Virola albidiflora* tiene la mayor densidad de árboles, con 1,25 árboles por hectárea (1025 árboles), seguida de *Otoba parvifolia*, 1,01 árboles por hectárea (829 árboles), *Albizia subdimidiata*, 0,60 árboles por hectárea (497 árboles), *Macarlobium acaciifolium*, 0,52 árboles por hectárea y *Cedrelinga cateniformis*, 0,50 árboles por hectárea (412 árboles). *Simira rubescens* tiene 0,02 árboles por hectárea (18 árboles), *Caraipa grandifolia* y *Licaria triandra* tienen ambos 0,03 árboles por hectárea (24 árboles), y *Aspidosperma parvifolium* tiene 0,02 árboles por hectárea (15 árboles).

El menor número de árboles se encuentra en las clases diamétricas de 40 a 50 cm (0,21 árboles/ha; 173 árboles) y de 100 a 110 cm (0,22 árboles/ha; 184 árboles), respectivamente, mientras que el mayor número se encuentra en las clases diamétricas de 60 a 70 cm (2,99 árboles/ha; 2455 árboles) y de 70 a 80 cm (1,87 árboles/ha; 1536 árboles).

Cuadro 2. Número de árboles por clase diamétrica (cm) y por especie

Especies	Número de árboles por clase diamétrica (cm)							100 a +	N° de árb/ha	N° de Árb.
	40	50	60	70	80	90	100			
	A 50	A 60	A 70	A 80	A 90	A 100	A 110			
<i>Virola albidiflora</i>	0,03	0,46	0,53	0,15	0,06	0,01	0,00		1,25	1025
<i>Otoba parvifolia</i>	0,05	0,44	0,36	0,12	0,03	0,00		0,00	1,01	829
<i>Albizia subdimidiata</i>		0,08	0,20	0,18	0,08	0,05	0,01	0,01	0,60	497
<i>Macrobium acaciifolium</i>		0,06	0,19	0,16	0,06	0,03	0,01	0,01	0,52	428
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,04	0,08	0,07	0,04	0,05	0,22	0,50	412
<i>Eschweilera coriacea</i>	0,02	0,20	0,16	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,47	383
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0,01	0,09	0,14	0,11	0,05	0,02	0,01	0,01	0,42	349
<i>Ormosia schunkei</i>	0,00	0,05	0,07	0,07	0,05	0,02	0,01	0,01	0,28	231
<i>Vochysia vismiifolia</i>	0,00	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,28	230
<i>Micropholis egensis</i>	0,00	0,11	0,08	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,28	228
<i>Brosimum utile</i>	0,00	0,03	0,09	0,07	0,04	0,02	0,00	0,01	0,27	223
<i>Aiouea montana</i>	0,01	0,07	0,07	0,06	0,03	0,01	0,01	0,01	0,26	213
<i>Brosimum rubescens</i>	0,00	0,04	0,06	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,24	196
<i>Guarea glabra</i>	0,00	0,04	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,21	169
<i>Terminalia amazonia</i>	0,00	0,04	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,20	162
<i>Matisia bicolor</i>	0,00	0,05	0,09	0,03	0,02	0,00	0,00		0,19	157
<i>Jacaranda copaia</i>	0,01	0,08	0,06	0,03	0,01	0,00			0,19	156
<i>Ceiba samauma</i>		0,01	0,05	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,19	153
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	0,00	0,07	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	142
<i>Eschweilera decolorans</i>	0,00	0,08	0,06	0,02	0,00	0,00			0,17	141
<i>Simarouba amara</i>	0,01	0,05	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00		0,16	131
<i>Vatairea guianensis</i>	0,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,15	124
<i>Couepeia chrysocalyx</i>	0,00	0,04	0,05	0,02	0,01	0,00			0,12	96
<i>Protium nodulosum</i>	0,00	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,12	95
<i>Anacardium giganteum</i>		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,11	89
<i>Ceiba pentandra</i>			0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	0,10	85
<i>Couratari macrosperma</i>	0,00	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,10	82
<i>Virola pavonis</i>	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01		0,00		0,09	70
<i>Hymenaea oblongifolia</i>		0,03	0,03	0,02	0,01		0,00		0,08	69
<i>Clarisia racemosa</i>		0,02	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,08	66
<i>Persea caerulea</i>	0,01	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00			0,08	66
<i>Allantoma decandra</i>		0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01		0,07	56
<i>Dipteryx micrantha</i>		0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07	54
<i>Tachigali tessmannii</i>		0,01	0,03	0,02	0,01	0,00		0,00	0,07	54
<i>Pterocarpus rohrii</i>		0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,06	52
<i>Caryocar glabrum</i>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,06	47
<i>Tachigali oppositifolia</i>		0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	34
<i>Handroanthus serratifolius</i>		0,01	0,01	0,01	0,00	0,01		0,00	0,04	32
<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00				0,03	26
<i>Caraipa grandifolia</i>		0,01	0,01	0,01			0,00		0,03	24
<i>Licaria triandra</i>	0,00	0,02	0,00	0,00					0,03	24
<i>Simira rubescens</i>	0,00	0,01	0,01	0,00					0,02	18
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00			0,02	15
Total	0,21	2,40	2,99	1,87	0,86	0,41	0,22	0,45	9,41	7733
Total general	173	1973	2455	1536	709	334	184	369		7733

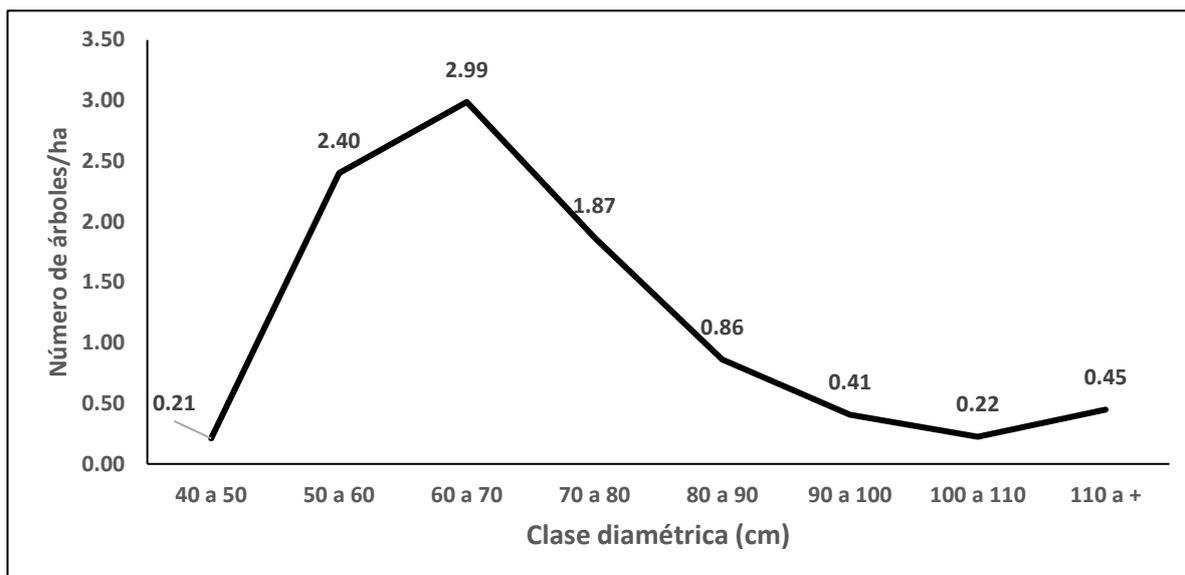


Figura3. Distribución del número de árboles por clase diamétrica

Como se indica en la figura 3, la clase con más árboles tiene un diámetro de 60 a 70 cm (2,99 árboles/ha), mientras que la clase con menos árboles tiene un diámetro de 40 a 50 cm (0,21 árboles/ha).

4.3. Volumen de madera comercial

El cuadro 3 muestra el volumen total de madera de este bosque, desglosado por especies y clases diamétricas. De los 36 349,34 m³, se registraron 44,24 m³/ha. El mayor volumen de madera se encontró en *Cedrelinga cateniformis*, que midió 5,76 m³/ha (4730,38 m³). Le siguieron *Virola albidiflora*, 4,56 m³/ha (3748,56 m³), *Otoba parvifolia*, 3,36 m³/ha (2759,48 m³), y *Albizia subdimidiata*, 2,97 m³/ha (2441,17 m³). *Simira rubescens*, *Aspidosperma parvifolium* y *Licaria triandra*, por su parte, observaron cantidades inferiores con 0,07 m³/ha (60,77 m³), 0,07 m³/ha (56,72 m³) y 0,06 m³/ha (51,34 m³), respectivamente.

La clase de diámetro de 60 cm a 70 cm presenta la mayor concentración de volumen explotable comercialmente, con 10,41 m³/ha (8556,08 m³), seguida de 70 cm a 80 cm, con 8,89 m³/ha (7305,12 m³), y la clase de diámetro igual o superior a

100 cm, con 7,87 m³/ha (6468,25 m³). Con 2,23 m³/ha (1830,38 m³), 3,25 m³/ha (2669,15 m³) y 0,37 m³/ha (301,43 m³), respectivamente, las clases diamétricas de 100 cm a 110 cm, 90 cm a 100 cm y 40 cm a 50 cm registraron un volumen de madera reducido.

El mayor volumen de madera se encuentra en las clases diamétricas de 60 a 70 cm y de 70 a 80 cm, ambas con un volumen de 19,3 m³/ha, es decir, el 43,63% del volumen total de madera de este bosque, como se muestra en la Figura 4.

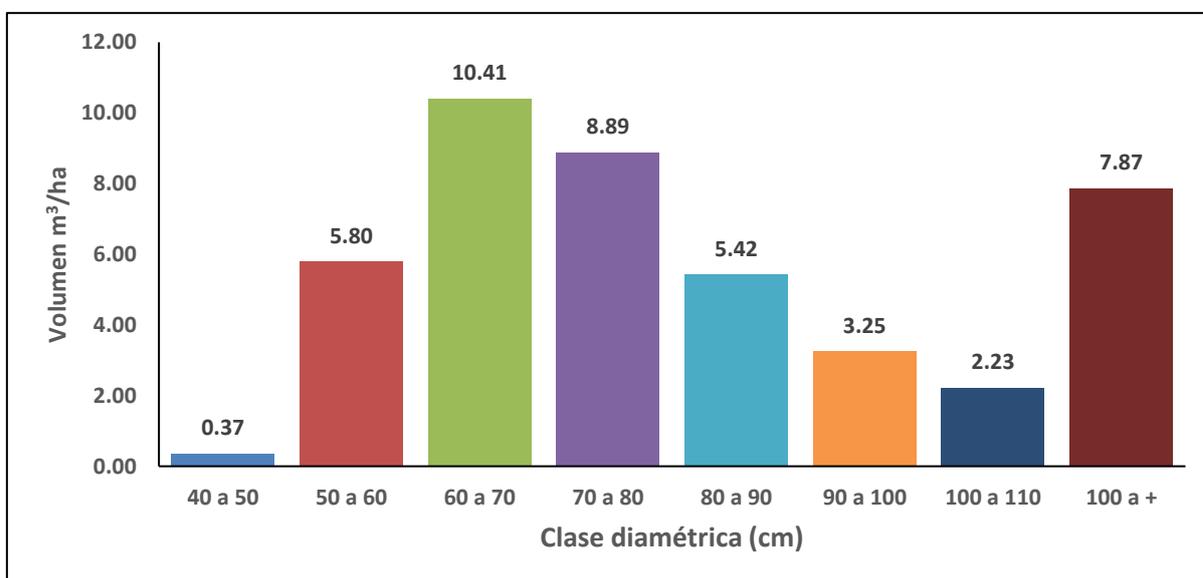


Figura 4. Volumen maderable comercial por clase diamétrica y por hectárea

Cuadro 3. Volumen maderable por clase diamétrica y por especie

Especies	Volumen por clase diamétrica (m ³ /ha)							100 a +	Volumen (m ³ /ha)	Volumen total (m ³)
	40	50	60	70	80	90	100			
	A	A	A	A	A	A	A			
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,14	0,41	0,48	0,38	0,58	3,78	5,76	4730,38
<i>Virola albidiflora</i>	0,07	1,22	1,99	0,80	0,40	0,06	0,01		4,56	3748,56
<i>Otoba parvifolia</i>	0,09	1,09	1,31	0,62	0,19	0,04		0,02	3,36	2759,48
<i>Albizia subdimidiata</i>		0,21	0,73	0,88	0,54	0,39	0,14	0,08	2,97	2441,17
<i>Macrobium acaciifolium</i>		0,16	0,63	0,73	0,35	0,25	0,10	0,12	2,34	1922,25
<i>Ceiba pentandra</i>			0,01	0,04	0,05	0,05	0,15	1,82	2,11	1731,40
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0,01	0,18	0,40	0,41	0,22	0,10	0,08	0,14	1,55	1273,86
<i>Eschweilera coriacea</i>	0,03	0,44	0,55	0,29	0,13	0,06	0,02	0,02	1,54	1264,28
<i>Vochysia vismiifolia</i>	0,00	0,10	0,27	0,37	0,24	0,17	0,10	0,19	1,44	1184,76
<i>Ormosia schunkei</i>	0,00	0,12	0,25	0,33	0,30	0,15	0,13	0,13	1,40	1153,14
<i>Brosimum rubescens</i>	0,00	0,08	0,21	0,34	0,17	0,19	0,12	0,20	1,32	1081,27
<i>Brosimum utile</i>	0,01	0,07	0,30	0,30	0,22	0,15	0,03	0,09	1,18	967,83
<i>Ceiba samauma</i>		0,03	0,17	0,31	0,26	0,16	0,08	0,14	1,15	941,77
<i>Aiouea montana</i>	0,02	0,16	0,23	0,26	0,16	0,10	0,06	0,08	1,07	876,82
<i>Micropholis egensis</i>	0,01	0,25	0,24	0,22	0,11	0,05	0,02	0,02	0,93	761,86
<i>Terminalia amazonia</i>	0,01	0,09	0,19	0,25	0,09	0,05	0,08	0,14	0,90	735,80
<i>Anacardium giganteum</i>		0,04	0,04	0,08	0,10	0,14	0,07	0,33	0,80	657,99
<i>Vatairea guianensis</i>	0,01	0,06	0,17	0,19	0,17	0,12	0,04	0,03	0,78	641,64
<i>Matisia bicolor</i>	0,00	0,12	0,34	0,15	0,12	0,02	0,03		0,78	639,06
<i>Guarea glabra</i>	0,01	0,08	0,21	0,22	0,07	0,04	0,04	0,10	0,76	624,33
<i>Jacaranda copaia</i>	0,01	0,19	0,23	0,16	0,04	0,01			0,65	532,74
<i>Simarouba amara</i>	0,02	0,12	0,17	0,15	0,10	0,02	0,01		0,60	497,04
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	0,01	0,15	0,23	0,13	0,03	0,02	0,01	0,02	0,60	491,91
<i>Couratari macrosperma</i>	0,00	0,05	0,10	0,11	0,07	0,05	0,04	0,15	0,57	465,29
<i>Protium nodulosum</i>	0,00	0,04	0,13	0,09	0,13	0,10	0,03	0,02	0,54	441,13
<i>Eschweilera decolorans</i>	0,01	0,18	0,21	0,08	0,03	0,01			0,51	419,96

<i>Couepeia chrysocalyx</i>	0,01	0,09	0,15	0,07	0,05	0,02			0,39	321,05
<i>Dipteryx micrantha</i>		0,01	0,03	0,09	0,06	0,05	0,05	0,08	0,37	305,85
<i>Allantoma decandra</i>		0,01	0,06	0,10	0,10	0,04	0,07		0,37	305,83
<i>Clarisia racemosa</i>		0,05	0,05	0,12	0,03	0,05	0,01	0,03	0,35	285,24
<i>Virola pavonis</i>	0,01	0,08	0,11	0,07	0,07		0,01		0,35	283,66
<i>Hymenaea oblongifolia</i>		0,07	0,10	0,11	0,05		0,01		0,34	275,76
<i>Caryocar glabrum</i>	0,00	0,02	0,04	0,02	0,07	0,05	0,05	0,04	0,29	241,93
<i>Pterocarpus rohrii</i>		0,01	0,08	0,07	0,06	0,04	0,01	0,03	0,29	237,79
<i>Tachigali tessmannii</i>		0,02	0,09	0,08	0,03	0,02		0,02	0,27	220,07
<i>Persea caerulea</i>	0,01	0,06	0,07	0,08	0,02	0,01			0,25	202,95
<i>Taralea oppositifolia</i>		0,01	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	0,03	0,23	188,60
<i>Handroanthus serratifolius</i>		0,02	0,04	0,05	0,03	0,05		0,01	0,19	159,64
<i>Caraipa grandifolia</i>		0,02	0,05	0,03			0,01		0,11	90,48
<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	0,00	0,04	0,03	0,01	0,02				0,09	75,93
<i>Simira rubescens</i>	0,00	0,02	0,03	0,03					0,07	60,77
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01			0,07	56,72
<i>Licaria triandra</i>	0,00	0,05	0,01	0,01					0,06	51,34
Total	0,37	5,80	10,41	8,89	5,42	3,25	2,23	7,87	44,24	36349,34
Total general	301,43	4764,58	8556,08	7305,12	4454,35	2669,15	1830,38	6468,25		36349,34

4.4. Biomasa seca

El cuadro 4 muestra las cantidades de biomasa seca total, por hectárea y por especie. Los datos muestran 73 721,60 kg/ha de una biomasa total de 60 568 926,21 kg. Con 10 881,84 kg/ha (8 940 410,55 kg), la especie *Cedrelinga cateniformis* tiene la biomasa más alta, seguida de *Virola albidiflora* (6 159,47 kg/ha; 5 060 556,70 kg), *Albizia subdimidiata* (5 615,70 kg/ha; 4 613 809,72 kg), *Otoba parvifolia* (4 534,25 kg/ha; 3 725 293,87 kg), y *Macrolobium acaciifolium* (4421,98 kg/ha; 3633053,27 kg). Sin embargo, las especies con menor biomasa son *Simira rubescens* (129,80 kg/ha; 106646,21 kg), *Aspidosperma parvifolium* (121,17 kg/ha; 99548 kg) y *Licaria triandra* (102,92 kg/ha; 84555,25 kg).

La clase diamétrica de 60 cm a 70 cm recoge la mayor parte de la biomasa con 16892,81 kg/ha (13 878 963,35 kg), seguida de las clases de 70 cm a 80 cm (15 003,57 kg/ha; 12 326 785,9 kg), y de 110 cm y más (13 220,83 kg/ha; 10 868 677,69 kg). Hay menos biomasa en las clases diamétricas de 100 cm a 110 cm, que incluyen 3885,54 kilogramos/ha (3 192 324,03 kg), de 90 cm a 100 cm, 5655,85 kg/ha (4 646 792,43 kg), y de 40 cm a 50 cm, 569,50 kg/ha (467 891,549 kg), respectivamente.

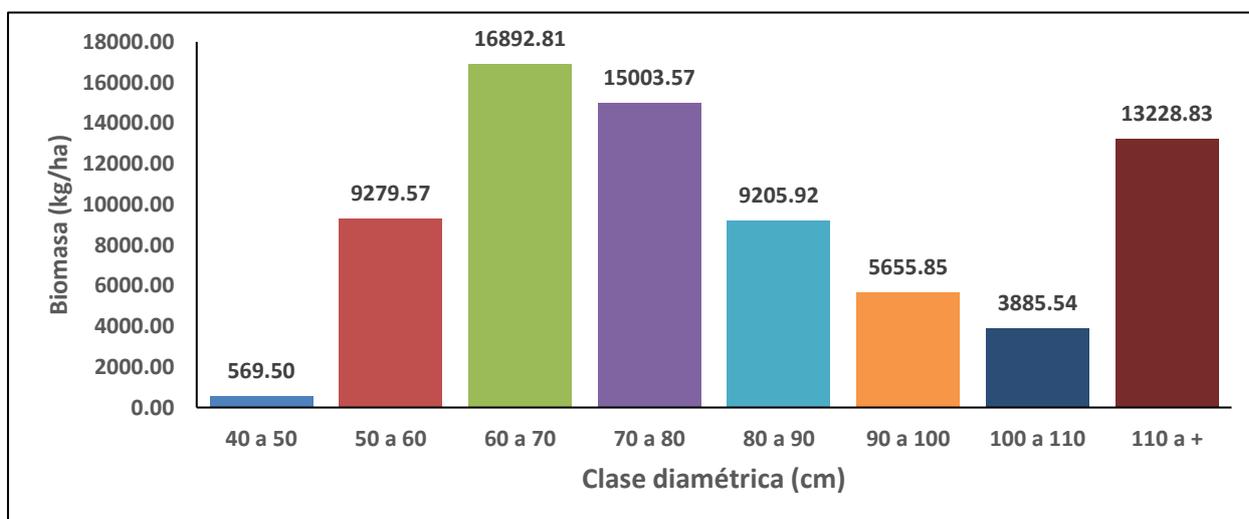


Figura 5. Biomasa seca por clase diamétrica

La biomasa más alta se encuentra en las clases diamétricas de 60 a 70 cm (16892,81 kg/ha) y de 70 a 80 cm (15003,57 kg/ha), mientras que la biomasa más baja se encuentra en la clase diamétrica de 40 a 50 cm (569,50 kg/ha), como se ilustra en la figura 5.

Cuadro 4. Biomasa seca por clase diamétrica y por especie

Especies	Biomasa por clase diamétrica (kg/ha)								Biomasa (kg/ha)	Biomasa total (kg)
	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 a +		
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			266,26	769,85	908,13	710,49	1087,88	7139,23	10881,84	8940410.55
<i>Virola albidiflora</i>	89,40	1650,66	2692,11	1084,72	541,10	83,42	18,07		6159,47	5060556.70
<i>Albizia subdimidiata</i>		401,93	1370,85	1664,21	1017,93	729,01	272,94	158,85	5615,71	4613809.72
<i>Otoba parvifolia</i>	126,57	1467,54	1763,12	841,67	252,05	57,28		26,02	4534,25	3725293.87
<i>Macrolobium acaciifolium</i>		304,36	1184,92	1376,59	660,55	472,48	194,93	228,15	4421,98	3633053.27
<i>Eschweilera coriacea</i>	67,00	848,60	1066,88	562,69	255,41	120,38	39,03	31,48	2991,47	2457759.73
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	20,31	340,40	755,40	770,08	420,58	196,87	159,97	266,78	2930,40	2407587.50
<i>Ormosia schunkei</i>	3,91	225,25	463,58	629,72	558,46	278,87	240,11	252,80	2652,70	2179433.70
<i>Ceiba pentandra</i>			7,72	41,87	59,12	60,25	172,51	2162,10	2503,56	2056903.85
<i>Vochysia vismiifolia</i>	3,50	157,43	406,41	556,43	369,73	256,42	145,88	284,56	2180,35	1791354.89
<i>Brosimum rubescens</i>	6,49	129,23	353,48	564,22	278,54	312,10	199,37	324,14	2167,56	1780846.85
<i>Brosimum utile</i>	13,09	122,84	494,85	495,01	364,93	239,10	53,86	156,46	1940,15	1594010.06
<i>Micropholis egensis</i>	17,16	525,75	494,80	460,16	238,42	113,94	37,56	40,07	1927,86	1583909.68
<i>Aiouea montana</i>	32,11	262,30	373,11	435,57	260,70	160,50	105,80	127,63	1757,72	1444128.49
<i>Terminalia amazonia</i>	13,78	170,59	361,60	469,14	171,54	101,71	143,71	260,57	1692,65	1390660.52
<i>Vatairea guianensis</i>	9,72	107,57	317,81	365,28	325,57	232,16	66,70	51,25	1476,05	1212708.83
<i>Anacardium giganteum</i>		61,66	63,87	139,58	173,15	247,10	120,31	578,24	1383,92	1137014.53
<i>Ceiba samauma</i>		31,98	196,96	372,05	308,92	191,56	89,79	170,52	1361,78	1118824.60
<i>Jacaranda copaia</i>	26,67	347,05	435,27	299,06	79,79	20,20			1208,03	992503.04
<i>Guarea glabra</i>	8,30	125,45	324,73	332,71	109,62	55,60	62,13	150,93	1169,49	960838.21
<i>Couratari macrosperma</i>	8,74	93,90	184,71	208,06	145,07	87,50	74,21	298,77	1100,95	904527.88
<i>Eschweilera decolorans</i>	13,57	345,87	410,40	163,52	49,79	10,54			993,69	816403.75
<i>Matisia bicolor</i>	5,16	143,32	403,01	173,04	136,77	23,83	38,95		924,07	759207.31

<i>Couepeia chrysocalyx</i>	12,42	181,51	322,74	161,53	109,91	47,67			835,78	686670.30
<i>Protium nodulosum</i>	5,78	53,31	192,73	134,49	201,43	149,98	42,49	31,62	811,83	666992.39
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	8,33	205,69	314,01	169,48	40,33	28,49	15,94	26,02	808,28	664076.78
<i>Allantoma decandra</i>		19,59	108,92	200,84	187,98	70,95	135,35		723,65	594540.83
<i>Dipteryx micrantha</i>		22,05	61,74	173,92	106,03	85,24	103,54	151,06	703,58	578054.70
<i>Simarouba amara</i>	22,60	130,23	188,85	164,66	111,81	23,27	11,95		653,38	536807.76
<i>Hymenaea oblongifolia</i>		131,46	180,02	208,35	91,77		22,77		634,36	521180.84
<i>Clarisia racemosa</i>		86,23	83,45	205,78	46,81	88,77	15,43	45,34	571,82	469798.33
<i>Caryocar glabrum</i>	3,50	38,18	69,43	41,64	128,23	93,76	98,03	83,79	556,54	457248.79
<i>Pterocarpus rohrii</i>		15,85	148,02	134,00	110,83	68,18	18,97	51,17	547,01	449422.00
<i>Tachigali tessmannii</i>		41,15	171,16	145,79	63,94	41,47		42,75	506,26	415940.94
<i>Virola pavonis</i>	7,37	110,22	145,76	101,15	88,05		13,55		466,10	382943.65
<i>Taralea oppositifolia</i>		18,81	76,21	41,82	86,69	70,13	62,69	62,90	419,24	344446.96
<i>Persea caerulea</i>	19,75	100,15	109,63	128,24	34,55	14,52			406,84	334251.71
<i>Handroanthus serratifolius</i>		30,61	70,01	83,91	56,29	95,52		25,64	361,98	297402.87
<i>Caraipa grandifolia</i>		32,32	85,49	54,32			21,14		193,27	158791.99
<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	4,12	79,93	53,24	13,34	41,50				192,14	157858.37
<i>Simira rubescens</i>	3,98	28,48	53,01	44,34					129,80	106646.21
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	8,66	14,10	56,06	11,84	13,90	16,60			121,17	99548.00
<i>Licaria triandra</i>	7,51	76,03	10,49	8,89					102,92	84555.25
Total	569,50	9279,57	16892,81	15003,57	9205,92	5655,85	3885,54	13228,83	73721,60	60568926.21
Total general	467891,55	7623999,59	13878963,35	12326785,9	7563491,67	4646792,43	3192324,03	10868677,69		60568926.21

4.5. Stock de carbono

En el cuadro 5 se muestran las reservas de carbono del bosque en su conjunto, por especies y por hectárea. Los resultados indican una reserva de carbono de 36,86 tC/ha de una reserva total de carbono de 30.284,46 tC. Con 5,44 tC/ha (4470,21 tC), la especie *Cedrelinga cateniformis* tiene la mayor reserva de carbono, seguida de *Virola albidiflora* (3,08 tC/ha; 2530,28 tC), *Albizia subdimidiata* (2,81 tC/ha; 2306,90 tC), *Otoba parvifolia* (2,27 tC/ha; 1862,85 tC), y *Macrolobium acaciifolium* con 2,21 tC/ha (1816,53 tC). Las especies con menores reservas de carbono son *Simira rubescens*, *Aspidosperma parvifolium* y *Licaria triandra*, con 0,06 tC/ha (53,32 tC), 0,06 tC/ha (49,77 tC) y 0,05 tC/ha (42,28 tC), respectivamente.

La clase diamétrica entre 60 y 70 cm concentra la mayor cantidad de carbono con 8,45 tC/ha (6939,48 tC), seguida de las clases entre 70 y 80 cm con 7,50 tC/ha (6163,39 tC), y las clases por encima de 110 cm con 6,61 tC/ha (5434,34 tC). Con 0,28 tC/ha (233,95 tC), 2,83 tC/ha (2323,40 tC) y 1,94 tC/ha (1596,16 tC), respectivamente, las clases diamétricas de 40 cm a 50 cm, 90 cm a 100 cm y 100 cm a 110 cm presentaron menores reservas de carbono.

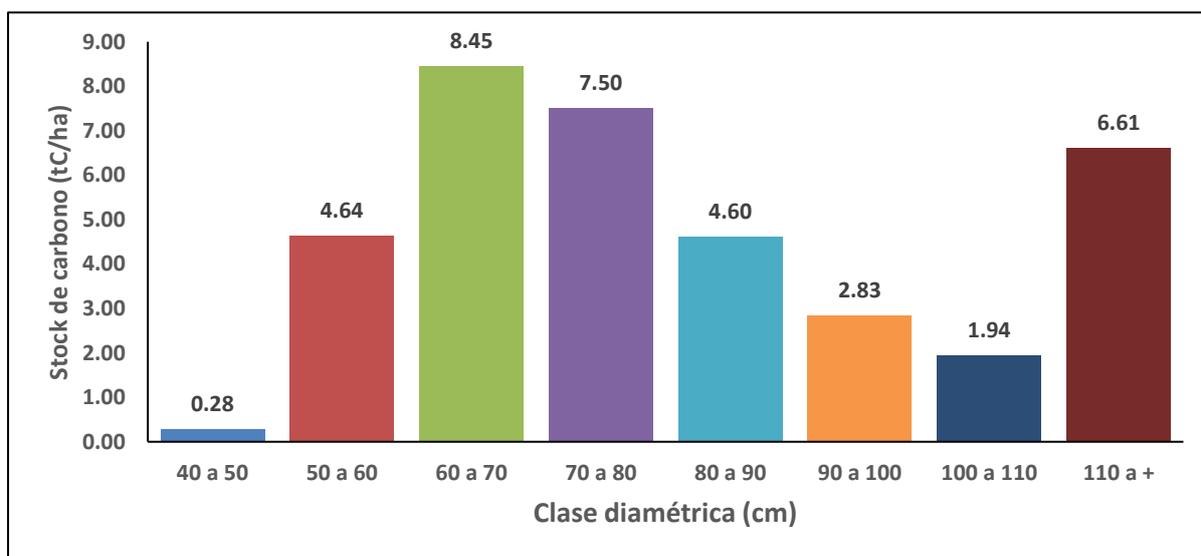


Figura 6. Stock de carbono almacenado por clase diamétrica

Según la figura 6, las mayores reservas de carbono se encuentran en las clases de diámetro de 60 cm a 70 cm (8,45 tC/ha) y de 70 cm a 80 cm (7,50 tC/ha), mientras que las menores reservas de carbono se encuentran en la clase de diámetro de 40 cm a 50 cm (0,28 tC/ha).

Cuadro 5. Stock de carbono almacenado por clase diamétrica y por especie

Especies	Stock de carbono por clase diamétrica (tC/ha)								Carbono almacenado (tC/ha)	Carbono almacenado (tC)
	40	50	60	70	80	90	100	100 a +		
	A 50	A 60	A 70	A 80	A 90	A 100	A 110			
<i>Cedrelinga cateniformis</i>			0,13	0,38	0,45	0,36	0,54	3,57	5,44	4470,21
<i>Virola albidiflora</i>	0,04	0,83	1,35	0,54	0,27	0,04	0,01		3,08	2530,28
<i>Albizia subdimidiata</i>		0,20	0,69	0,83	0,51	0,36	0,14	0,08	2,81	2306,90
<i>Otoba parvifolia</i>	0,06	0,73	0,88	0,42	0,13	0,03		0,01	2,27	1862,65
<i>Macrobium acaciifolium</i>		0,15	0,59	0,69	0,33	0,24	0,10	0,11	2,21	1816,53
<i>Eschweilera coriacea</i>	0,03	0,42	0,53	0,28	0,13	0,06	0,02	0,02	1,50	1228,88
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0,01	0,17	0,38	0,39	0,21	0,10	0,08	0,13	1,47	1203,79
<i>Ormosia schunkei</i>	0,00	0,11	0,23	0,31	0,28	0,14	0,12	0,13	1,33	1089,72
<i>Ceiba pentandra</i>			0,00	0,02	0,03	0,03	0,09	1,08	1,25	1028,45
<i>Vochysia vismiifolia</i>	0,00	0,08	0,20	0,28	0,18	0,13	0,07	0,14	1,09	895,68
<i>Brosimum rubescens</i>	0,00	0,06	0,18	0,28	0,14	0,16	0,10	0,16	1,08	890,42
<i>Brosimum utile</i>	0,01	0,06	0,25	0,25	0,18	0,12	0,03	0,08	0,97	797,01
<i>Micropholis egensis</i>	0,01	0,26	0,25	0,23	0,12	0,06	0,02	0,02	0,96	791,95
<i>Aiouea montana</i>	0,02	0,13	0,19	0,22	0,13	0,08	0,05	0,06	0,88	722,06
<i>Terminalia amazonia</i>	0,01	0,09	0,18	0,23	0,09	0,05	0,07	0,13	0,85	695,33
<i>Vatairea guianensis</i>	0,00	0,05	0,16	0,18	0,16	0,12	0,03	0,03	0,74	606,35
<i>Anacardium giganteum</i>		0,03	0,03	0,07	0,09	0,12	0,06	0,29	0,69	568,51
<i>Ceiba samauma</i>		0,02	0,10	0,19	0,15	0,10	0,04	0,09	0,68	559,41
<i>Jacaranda copaia</i>	0,01	0,17	0,22	0,15	0,04	0,01			0,60	496,25
<i>Guarea glabra</i>	0,00	0,06	0,16	0,17	0,05	0,03	0,03	0,08	0,58	480,42
<i>Couratari macrosperma</i>	0,00	0,05	0,09	0,10	0,07	0,04	0,04	0,15	0,55	452,26
<i>Eschweilera decolorans</i>	0,01	0,17	0,21	0,08	0,02	0,01			0,50	408,20
<i>Matisia bicolor</i>	0,00	0,07	0,20	0,09	0,07	0,01	0,02		0,46	379,60
<i>Couepeia chrysocalyx</i>	0,01	0,09	0,16	0,08	0,05	0,02			0,42	343,34
<i>Protium nodulosum</i>	0,00	0,03	0,10	0,07	0,10	0,07	0,02	0,02	0,41	333,50

<i>Osteophloeum platyspermum</i>	0,00	0,10	0,16	0,08	0,02	0,01	0,01	0,01	0,40	332,04
<i>Allantoma decandra</i>		0,01	0,05	0,10	0,09	0,04	0,07		0,36	297,27
<i>Dipteryx micrantha</i>		0,01	0,03	0,09	0,05	0,04	0,05	0,08	0,35	289,03
<i>Simarouba amara</i>	0,01	0,07	0,09	0,08	0,06	0,01	0,01		0,33	268,40
<i>Hymenaea oblongifolia</i>		0,07	0,09	0,10	0,05		0,01		0,32	260,59
<i>Clarisia racemosa</i>		0,04	0,04	0,10	0,02	0,04	0,01	0,02	0,29	234,90
<i>Caryocar glabrum</i>	0,00	0,02	0,03	0,02	0,06	0,05	0,05	0,04	0,28	228,62
<i>Pterocarpus rohrii</i>		0,01	0,07	0,07	0,06	0,03	0,01	0,03	0,27	224,71
<i>Tachigali tessmannii</i>		0,02	0,09	0,07	0,03	0,02		0,02	0,25	207,97
<i>Virola pavonis</i>	0,00	0,06	0,07	0,05	0,04		0,01		0,23	191,47
<i>Taralea oppositifolia</i>		0,01	0,04	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,21	172,22
<i>Persea caerulea</i>	0,01	0,05	0,05	0,06	0,02	0,01			0,20	167,13
<i>Handroanthus serratifolius</i>		0,02	0,04	0,04	0,03	0,05		0,01	0,18	148,70
<i>Caraipa grandifolia</i>		0,02	0,04	0,03			0,01		0,10	79,40
<i>Sarcaulus brasiliensis</i>	0,00	0,04	0,03	0,01	0,02				0,10	78,93
<i>Simira rubescens</i>	0,00	0,01	0,03	0,02					0,06	53,32
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	0,00	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01			0,06	49,77
<i>Licaria triandra</i>	0,00	0,04	0,01	0,00					0,05	42,28
Total	0,28	4,64	8,45	7,50	4,60	2,83	1,94	6,61	36,86	30284,46
Total general	233,95	3812,00	6939,48	6163,39	3781,75	2323,40	1596,16	5434,34		30284,46

4.6. Correlación de la estructura diamétrica entre la biomasa y el stock de almacenado

4.6.1. Prueba de normalidad

Se utilizó el modelo de Kolmogorov-Smirnov para realizar la prueba de normalidad utilizando los datos de DAP y altura comercial registrados en el censo forestal realizado en el bosque de colina baja. Se observó que el *p-valor* de DAP y altura comercial es igual a 0,000 (*p-valor* = 0,000), es decir, es inferior a $\alpha = 0,05$. Los resultados de esta prueba se muestran en el cuadro 6. La figura 7 muestra los extremos y valores atípicos de los datos de DAP y altura comercial de las especies forestales fuera de los recuadros. Esto sugiere que las estadísticas de DAP y altura comercial de la población no tienen distribución normal. Dado que el *p-valor* (0,955) para ambos casos es superior a $\alpha = 0,01$ y que el coeficiente de correlación se calculó mediante la prueba no paramétrica de Rho de Spearman (Cuadros 7 y 8), se puede deducir que la correlación es escasa o nula y significativa con valores de 0,024 para la estructura diamétrica y la reserva de carbono.

Cuadro 6. Prueba de normalidad para los datos registrados en el bosque de colina baja

Prueba de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
DAP	0,168	7733	0,000
Altura comercial	0,121	7733	0,000

a. Correlación de significación de Lilliefors

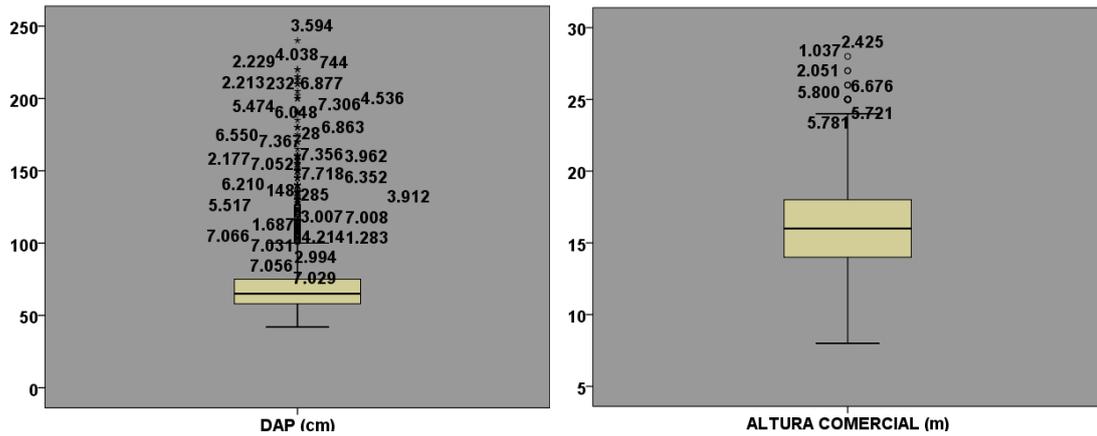


Figura 7. Diagrama de caja para el DAP y altura comercial

Cuadro 7. Correlación entre la variable estructura diamétrica y biomasa

Correlaciones			
		DAP	Biomasa
Rho de Spearman	Estructura diamétrica	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	0,955
		N	8
	Biomasa	Coeficiente de correlación	0,024
		Sig. (bilateral)	0,955
		N	8

Cuadro 8. Correlación entre la variable estructura diamétrica y stock de carbono

Correlaciones			
		DAP	Carbono
Rho de Spearman	Estructura diámetrica	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	0,955
		N	8
	Stock de carbono	Coeficiente de correlación	0,024
		Sig. (bilateral)	0,955
		N	8

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1. Estructura diamétrica

El cuadro 2 muestra la distribución de los árboles por especies y grupos diamétricos. Hay 7733 árboles en un total de 821,59 ha, es decir, 9,41 árboles por hectárea. Además, las especies *Virola albidiflora* (1,25 árboles/ha) y *Otoba parvifolia* (1,01 árboles) ambas de la familia Myristicaceae. *Albizia subdimidiata* (0,60 árboles/ha), *Macrolobium acaciifolium* (0,52 árboles/ha) y *Cedrelinga cateniformis* (0,50 árboles/ha) de la familia Fabaceae registraron el mayor número de árboles. Las especies *Virola albidiflora* (1,25 árboles/ha), *Otoba parvifolia* (1,01 árboles/ha), *Albizia subdimidiata* (0,60 árboles/ha), *Macrolobium acaciifolium* (0,52 árboles/ha), y *Cedrelinga cateniformis* (0,50 árboles/ha) de la familia Fabaceae son las que registran el mayor número de árboles, con 3191. Por el contrario, las especies *Caraipa grandifolia* y *Licaria triandra* (cada una con 0,03 árboles/ha) de las familias Clusiaceae y Lauraceae, *Simira rubescens* (con 0,02 árboles/ha), y *Aspidosperma parvifolium* (con 0,02 árboles/ha) de las familias Rubiaceae y Apocynaceae, contienen 81 árboles, o el 1,05% del total, con una concentración inferior a 0,10 árboles por ha. La densidad máxima de árboles, 7,26 árboles/ha, respectivamente, o el 77,12% del total, se encontró en las clases diamétricas de 60 a 70 cm (2,99 árboles/ha), 50 a 60 cm (2,40 árboles/ha) y 70 a 80 cm (1,87 árboles/ha). Las clases diamétricas de 40 a 50 cm (0,21 árboles/ha), y de 100 a 110 cm (0,22 árboles/ha), que suman 0,43 árboles/ha, o el 4,62% de este bosque, tienen menos árboles. Reynafarje (2014, pp. 38, 39), informa de que el bosque de colina baja tenía 158,44 árboles en total y 130,00 árboles por hectárea, que era la mayor densidad arbórea entre las 25 especies. Las especies con más árboles por hectárea son *Eschweilera* sp. "machimango" (22,22), *Ocotea* sp. "moena" (10,67),

Inga sp. "shimbillo" (9,56), *Pouteria* sp. "caimitillo" (8,22) y *Hevea brasiliensis* "shiringa" (7,67). Por otro lado, el bosque de colina alta produjo 44,67 árboles por hectárea y 51,78 árboles en todo el bosque. Las especies con más árboles por hectárea fueron *Eschweilera* sp. "machimango" (9,11), *Ocotea* sp. "moena" y *Tachigali* sp. "tangarana" (3,78 árboles/ha), *Virola* sp. "cumala" (3,22 árboles/ha) y *Protium* sp. "copal" (3,11 árboles/ha). Frías, (2015, p. 40), De un total de 614,36 árboles por hectárea, la investigación muestra que las 25 especies más importantes del bosque de colina baja reportan 405,36 árboles por hectárea, siendo las cinco especies con mayor densidad arbórea *Brosimum lactescens* "chimicua" con 39,91 árboles/ha, *Couepia bracteosa* "parinari" con 39,45 árboles/ha, *Inga* sp. "shimbillo" con 36,55 árboles/ha, *Pourouma guianensis* "sacha uvilla" con 28,55 árboles/ha y *Protium amazonicum* "copal" con 20,36 árboles/ha.

Esta diferencia puede deberse a diversas variables, como el tipo de bosque, los elementos medioambientales, las zonas de evaluación, el diámetro mínimo evaluado, las actividades humanas o los fenómenos naturales (caídas de árboles, deslizamientos) y, calidad de suelo, entre otros.

5.2. Stock de carbono almacenado en el bosque de colina baja

La cantidad total de carbono almacenado en todas las especies, por hectárea y en todo el bosque se muestra en el cuadro 5. Los resultados muestran que se almacenó un total de 30 284,46 toneladas de carbono, es decir, 36,86 tC/ha. El resultado más elevado lo obtuvo *Cedrelinga cateniformis* (5,44 tC/ha), seguida de *Virola albidiflora* (3,08 tC/ha), *Albizia subdimidiata* (2,81 tC/ha), *Otoba parvifolia* (2,27 tC/ha) y *Macrolobium acaciifolium* (2,21 tC/ha). Por el contrario, *Simira rubescens* (0,06 tC/ha), *Aspidosperma parvifolium* (0,06 tC/ha) y *Licaria triandra* (0,05 tC/ha) tenían menores reservas de carbono, con un total de 0,18 tC/ha,

respectivamente, que representa el 0,48% de las reservas totales de carbono. Las clases diamétricas de 60 cm a 70 cm (8,45 tC/ha), de 70 cm a 80 cm (7,50 tC/ha), y de 110 cm en adelante (6,61 tC/ha), que representan el 61,20% del total, contienen las mayores reservas de carbono.

Para un bosque de colina baja, Bustios, (2022, pp. 18, 28), midió 25,14 tC/ha. Las otras 18 especies tienen las reservas de carbono más bajas, con un total de 1,80 tC/ha, mientras que las 30 especies con las reservas de carbono más altas suman 23,34 tC/ha. Con 2,16 tC/ha, *Acacia lorentensis* tiene la mayor reserva de carbono, seguida de *Pouteria caimito* (1,77 tC/ha), *Virola calophylla* (1,45 tC/ha) y *Eschweilera bracteosa* (1,25 tC/ha). La mayor reserva de carbono la constituyen las 26 últimas especies, que suman 16,57 tC/ha. Las especies con menores reservas de carbono son *Pterocarpus santalinoides*, *Anacardium giganteum* y *Tachigali paniculata*, con 0,23 tC/ha, 0,22 tC/ha y 0,20 tC/ha, respectivamente. La máxima reserva de carbono, 16,57 tC/ha, corresponde a las 26 especies restantes. *Tachigali paniculata* (0,20 tC/ha), *Anacardium giganteum* (0,22 tC/ha) y *Pterocarpus santalinoides* (0,23 tC/ha) son las especies con menores reservas de carbono.

Según Mori, (2019, p. 27), la reserva de carbono de *Aguanillo* (3778,33 tC) es la mayor para el bosque de colina baja. Pashaco (3267,79 tC), almendro (2466,15 tC), cumala blanca (2398,94 tC) y palisangre (2381,11 tC) son las siguientes mayores reservas, con lo que la reserva total de carbono forestal asciende a 44 958,22.

Las especies observadas, el número estimado de árboles, su densidad, el tipo de bosque, la actividad humana y la edad del bosque son sólo algunos ejemplos de las variables que pueden haber contribuido a la diferencia percibida.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

1. Hay un total de 7733 árboles en la composición florística, que se desglosan en 43 especies forestales, 39 géneros y 19 familias botánicas. Dada la cantidad de árboles, las familias Fabaceae y Myristicaceae, así como las especies *Virola albidiflora* y *Otoba parvifolia*, son las más predominantes.
2. 1,01 y 1,25 árboles por hectárea, respectivamente, son los mayores valores para *Otoba parvifolia* y *Virola albidiflora*, según la distribución del número de árboles. 2,99 árboles por hectárea entre 60 y 70 cm de diámetro y 2,40 árboles por hectárea entre 50 y 60 cm presentan la mayor densidad por hectárea y por clase diamétrica, respectivamente.
3. *Virola albidiflora* aportó 6 159,47 kg/ha de los 73 721,60 kg/ha de biomasa seca total, y *Cedrelinga cateniformis* contribuyó con 10 881,84 kg/ha. Con 16 892,81 kg/ha y 15 003,57 kg/ha, respectivamente, las clases diamétricas de 60 cm a 70 cm y de 70 cm a 80 cm mostraron las mayores concentraciones de valor.
4. 3,08 tC/ha de *Virola albidiflora* y 5,44 tC/ha de *Cedrelinga cateniformis* componen las 36,86 tC/ha de reservas de carbono. Entre 60 y 70 cm (8,45 tC/ha) y 70 y 80 cm (7,50 tC/ha), la concentración es mayor por clase diamétrica.
5. En la medida en que la relación entre estructura diamétrica y biomasa o entre estructura diamétrica y reservas de carbono es escasa o nula ($r=0,024$ en ambos casos), con un nivel de significación = 0,01, se rechaza la hipótesis de investigación.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

1. Debido a que contienen mayor biomasa y almacenamiento de carbono, *Cedrelinga cateniformis* y *Virola albidiflora* utilizar en el manejo del bosque de colina baja.
2. Para calcular el almacenamiento real de carbono del bosque de colina baja, evaluar cada especie forestal a partir de 10 cm de DAP.
3. Investigar la ecuación alométrica óptima para estimar la biomasa de diferentes especies forestales en el bosque de colina baja.

CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arévalo, C. D. (2015). *Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8427>
- Almazán, J. A. (2013). *Estimación de almacenamiento de carbono en el suelo de conservación del distrito federal mediante el uso de datos lidar aerotransportado*. [Tesis de Maestro, Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo”]. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/17/1/48-2013-Tesis-Almaz%C3%A1n%20Gonz%C3%A1lez%20Juan%20Andr%C3%A9s-Maestro%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Alvarado, J. S. (2013). *Estructura horizontal y valoración económica de las especies de madera comercial en cuatro tipos de bosque, distrito de Torres Causana, Loreto, Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2415>
- Álvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. [Tesis de Magister, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2900e/A2900e.pdf>
- Bustios, B. (2022). *Biomasa y stock de carbono almacenado en las especies comerciales del bosque de colina baja de la PC 03 de la concesión forestal N° 16-LOR-MAY/CON-MAD-2017-024, distrito de Mazán, Loreto. 2021*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/8650>

Chow, W. y Gutiérrez, E. E. (2013). Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26 (2): 41-54.

https://www.researchgate.net/publication/286059755_Ecuacion_para_estimar_la_biomasa_arborea_en_los_bosques_tropicales_de_Costa_Rica

Dauber, E., Terán, J. y Guzmán, R. (2008). Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. *Revista forestal iberoamericana*, 1(1), 1-10.

<https://www.academia.edu/10364141/>

Frias, J. (2015). *Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4991>

García, D. F. (2014). *Composición y estructura florística del bosque de neblina montano, del sector "San Antonio De La Montaña", Cantón Baños, provincia de Tungurahua*. [Tesis de Ingeniero, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3476>

Honorio, E. y Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos*. ESERGAF. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/290>

Espíritu, J. M. (2021). *Valoración económica del servicio de secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque de los ríos Cochiquinas y Yavari, Ramón Castilla, Loreto, Perú, 2021*. [Tesis de doctor, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].
<https://hdl.handle.net/20.500.12737/7895>

Lino, K. A. (2009). *Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de Ucayali].
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2118>

- Maldonado, K. D. (2016). *Estructura y composición florística, posterior al aprovechamiento de un bosque húmedo tropical en el nororiente de la amazonía ecuatoriana*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Técnica del Norte. Ibarra]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5331>
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de flora y vegetación. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima-Perú*.
<https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>
- Mori, C. E. (2019). *Biomasa y stock de carbono en un bosque de colina baja del distrito de Indiana, Loreto. 2018*. [Tesis de ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6737>
- Perla, C. N. y Tórres, J. G. (2008). *Caracterización de la vegetación forestal, usos y diversidad de especies de la vegetación forestal en la reserva privada Escameca Grande, San Juan del Sur, Rivas*. [Trabajo de diplomado, Universidad Nacional Agraria. Managua]. <https://docplayer.es/40537911-Universidad-nacional-agraria-facultad-de-recursos-naturales-y-del-ambiente.html>
- Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2007). *Inventarios Forestales. Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona*.
- Quispe, W. (2010). *Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la región Madre de Dios*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios].
<http://hdl.handle.net/20.500.14070/82>

- Quiceno, N. J., y Tangarife, G. M. (2013). *Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chiguirochatare de Barrancominas, Departamento del Guainía*. [Tesis de Magister, Universidad de Manizales]. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1639/1/402_Quiceno_Urbina_Nubia_Janeth_2013.pdf
- Rae y Asale. (2010). *Ortografía de la lengua española*. Espasa. <https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
- Reynafarje, C. A. (2014). *Relación entre la estructura diamétrica y la abundancia, en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3820>
- Ribeyro, T. M. M. (2020). *Estructura diamétrica y stock de carbono en las especies comerciales de un bosque de terraza baja del distrito de Morona, Loreto. 2019*. [Tesis de Ingeniero, Universidad nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7202>
- Riofrio, G. R. G. (2017). *Valoración económica del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas. Loreto, Perú*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4606>
- Rosas, A. y Zúñiga, C. Juan. 2010. *Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal. Colegio de bachilleres. México*. https://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sempdf/edin1/edi1_f03.pdf

Torres, J. M. y Guevara, A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Revista Gaceta Ecológica*. Núm. (63): 40-59.

ISSN: 1405-2849

<https://www.redalyc.org/pdf/539/53906303.pdf>

Wabo, E. (1999). *Estructura y densidad. Curso de dasimetría. Guía de clases. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*. [Universidad Nacional de la Plata].

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/76165/mod_folder/content/0/14_Estructura_y_densidad.pdf?forcedownload=1

Zanne, A. E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S. L.,

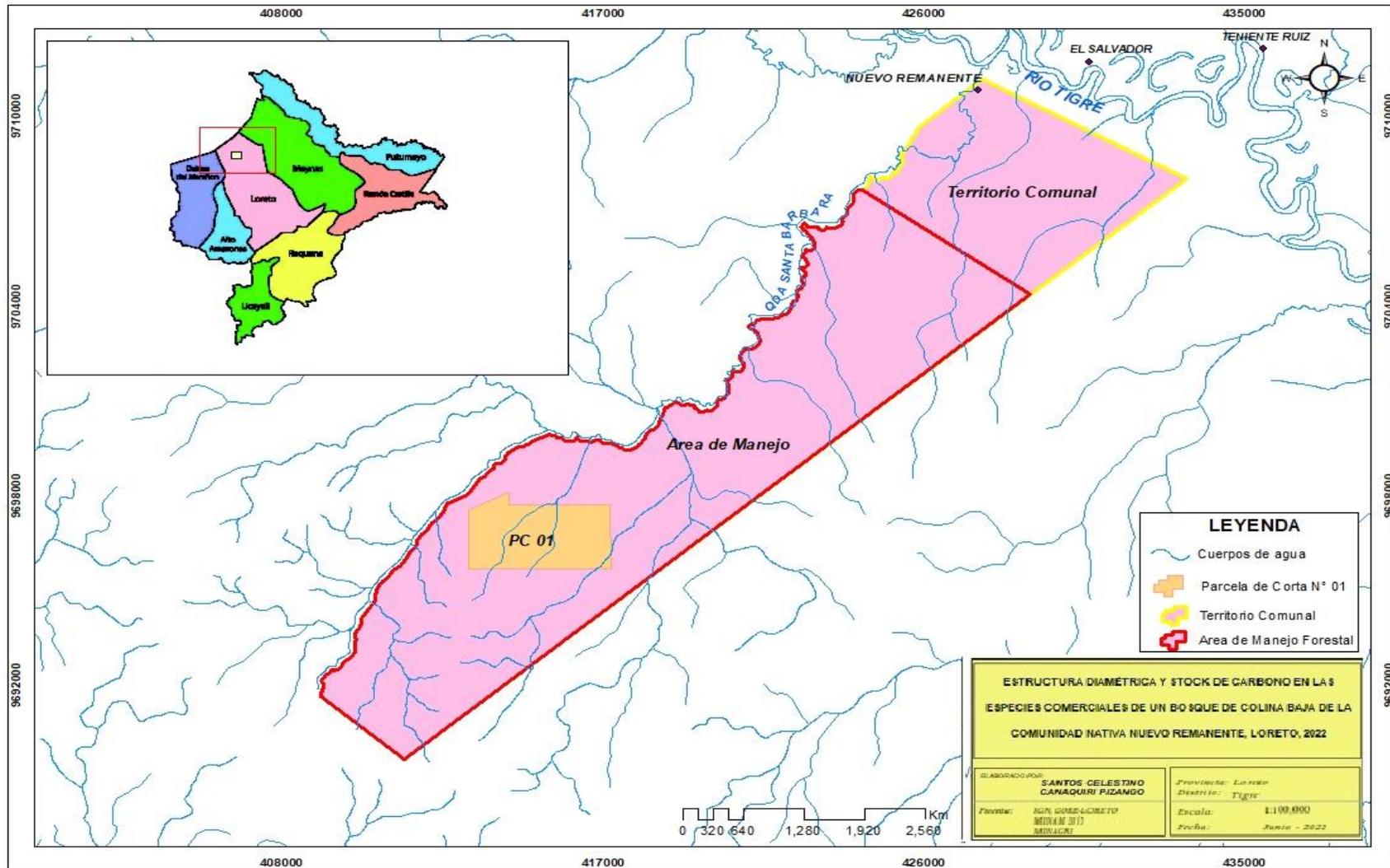
Miller, R. B., Swenson, N. G., Wiemann, M. C., and Chave, J. 2009. Global

wood density database. Dryad. Identifier:

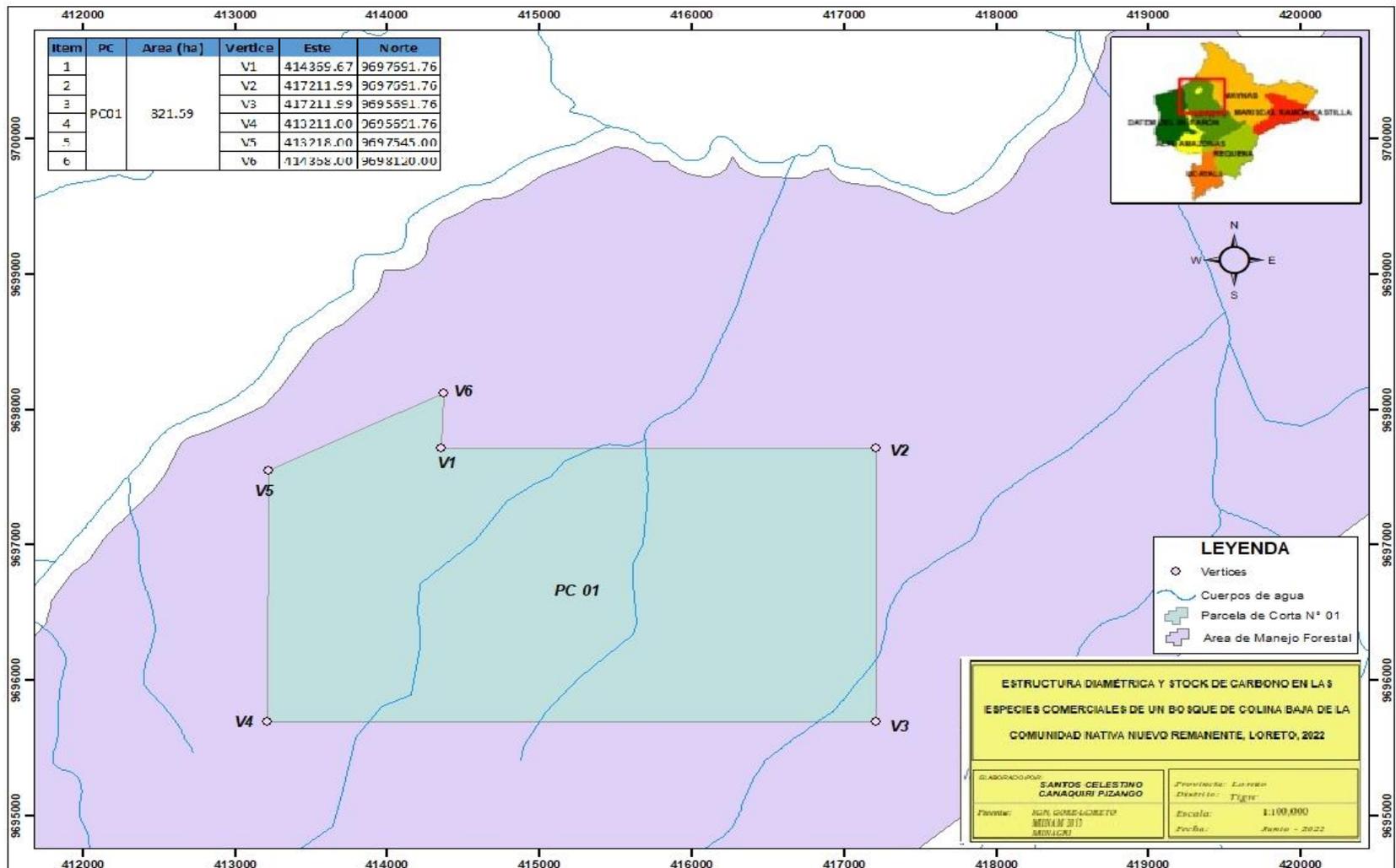
<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

<https://www.google.com/search?q=que+signifca+sendeco2&oq=que+signifca+sendeco2&aqs=chrome..69i57j0i22i30.712185277j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF>

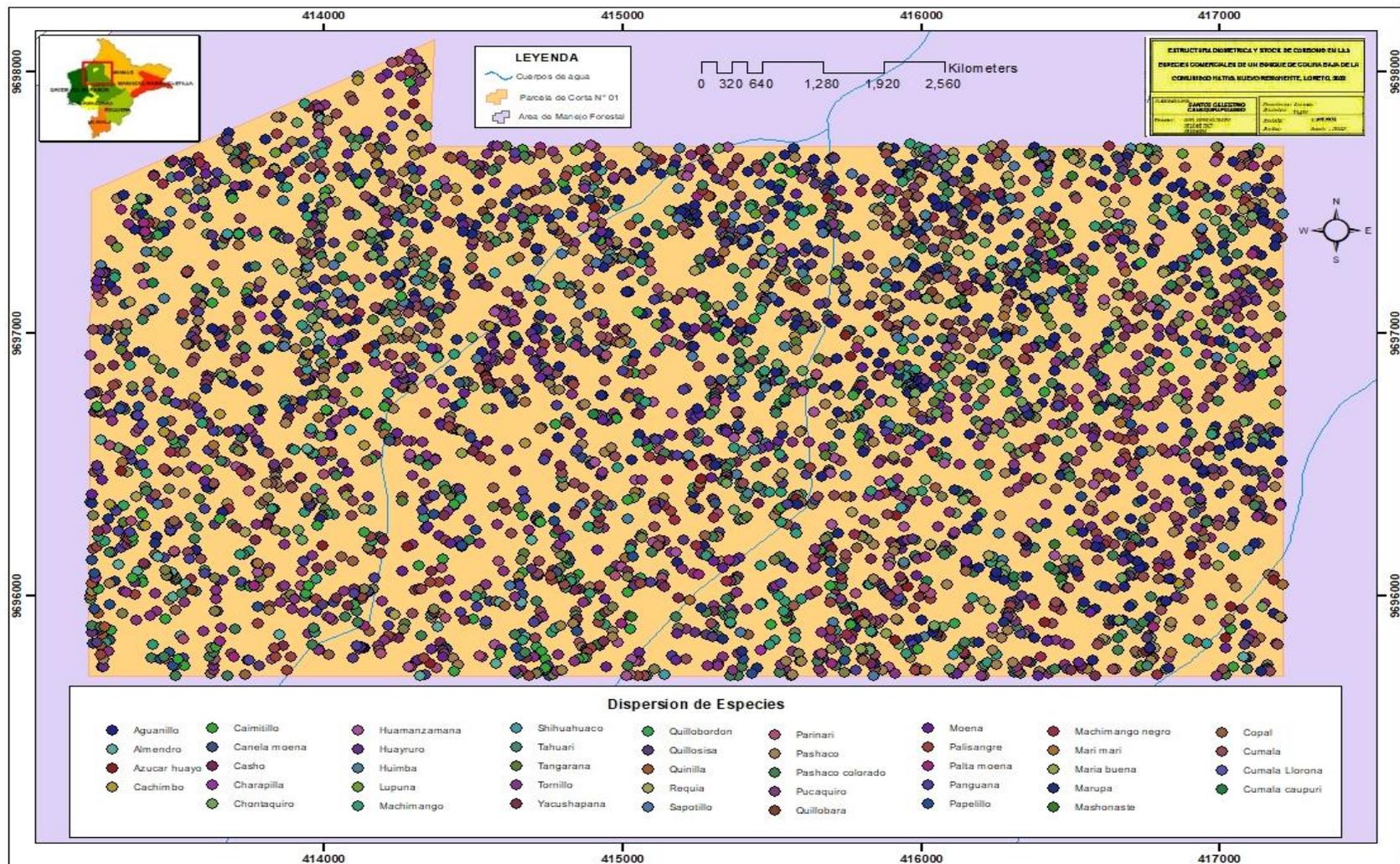
ANEXO



Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio ubicado en el distrito el Tigre



Anexo 2. Mapa de ubicación Plan Operativo 01 ubicado en el distrito del tigre



Anexo 3. Mapa de dispersión del área de estudio

Anexo 4. Identificación botánica de las especies forestales

CODIGO DE AUTORTIZACION AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

HACE CONSTAR:

Que, las muestras botánicas presentada por **SANTOS CELESTINO CANAQUIRI PIZANGO**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales, **Facultad de Ciencias Forestales**, de la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana**, pertenecen a la tesis titulado: **ESTRUCTURA DIAMÉTRICA Y STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE DE COLINA BAJA DE LA COMUNIDAD NATIVA NUEVO REMANENTE, LORETO, 2022**, han sido **DETERMINADAS** en este Centro de Investigación y Enseñanza, **Herbarium Amazonense-AMAZ**, del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la **UNAP-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Especie	Nombre Científico	Familia
Aguanillo	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A. H. Gentry	Myristicaceae
Almendro	<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers	Caryocaraceae
Azucar huayo	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	Fabaceae
Cachimbo	<i>Allantoma decandra</i> (Ducke) S.A. Mori Ya Y. Huang & Prance	Lecythidaceae
Caimitillo	<i>Micropholis egensis</i> (A. DC.) Pierre	Sapotaceae
Canela moena	<i>Licaria triandra</i> (Sw.) Kosterm.	Lauraceae
Casho	<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl	Anacardiaceae
Charapilla	<i>Taralea oppositifolia</i> Aubl	Fabaceae
Chontaquiro	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke	Fabaceae
Copal	<i>Protium nodulosum</i> Swart	Burseraceae
Cumala	<i>Viola albidiflora</i> Ducke	Myristicaceae
Cumala caupuri	<i>Viola pavonis</i> (A. DC.) A. C. Sm	Myristicaceae
Cumala llorona	<i>Osteophloeum platyspermum</i> (Spruce ex A. DC.) Warb.	Myristicaceae
Huamanzamana	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae
Huayruro	<i>Ormosia schunkei</i> Rudd	Fabaceae
Huimba	<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum	Malvaceae
Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Malvaceae
Machimango	<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mor	Lecythidaceae
Machimango negro	<i>Eschweilera decolorans</i> Sandwith (A.P. DC) Det. S. Mori	Lecythidaceae
Mari mari	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	Fabaceae
Maria buena	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Fabaceae
Marupa	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae
Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav	Moraceae

Espece	Nombre Científico	Familia
Moena	<i>Aiouea montana</i> (Sw.) R. Rohde	Lauraceae
Palisangre	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Moraceae
Palta moena	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Lauraceae
Panguana	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	Moraceae
Papelillo	<i>Couratari macrosperma</i> A.C. Sm	Lecythidaceae
Parinari	<i>Couepelia chrysocalyx</i> (P.&E) Benth ex Hook.f. Det. G.T. Prance	Chrysobalanaceae
Pashaco	<i>Albizia subdimidiata</i> (Splitg.) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae
Pashaco colorado	<i>Maculobium acaciifolium</i> (Benth.) Benth.	Fabaceae
Pucaquiro	<i>Simira rubescens</i> (Benth.) Bremek. Ex Steyerm	Rubiaceae
Quillobara	<i>Caraipa grandifolia</i> Mart.	Calophyllaceae
Quillobordon	<i>Aspidosperma parvifolium</i> A. DC.	Apocynaceae
Quillosa	<i>Vochysia vismiifolia</i> Spruce ex Warm	Vochysiaceae
Quinilla	<i>Sarcaulus brasiliensis</i> (A. DC.) Eyma	Sapotaceae
Requia	<i>Guarea glabra</i> Vahl	Meliaceae
Sapotillo	<i>Matisia bicolor</i> Ducke	Malvaceae
Shihuahuaco	<i>Dipteryx micrantha</i> Harms	Fabaceae
Tahuari	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O Grose	Bignoniaceae
Tangarana	<i>Tachigali tessmannii</i> Harms	Fabaceae
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	Fabaceae
Yacushapana	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Combretaceae

Se expide la presente constancia al interesado, para los fines que estimen conveniente.

Atentamente,

Iquitos, 07 de noviembre del 2022



Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense



Anexo 5. Constancia de uso de base de datos

COMUNIDAD NATIVA NUEVO REMANENTE

RUC: 20601192854

CELULAR: 944995491

Departamento Loreto – Rio Tigre

CONSTANCIA

Mediante el presente documento, el señor. **Gustavo Sandi Ahuanari**, Apu de la Comunidad Nativa Nuevo Remanente, ubicado en la cuenca del rio Tigre, autoriza al Bachiller de la Escuela de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales, **SANTOS CELESTINO CANAQUIRI PIZANGO**, con DNI N° 71227825, utilizar para su trabajo de investigación los datos del Censo Forestal del Permiso Forestal de la Comunidad Nativa, ubicado en la Cuenca del Rio Tigre, Región Loreto, realizado en el año 2022.

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Iquitos, 15 de Junio del 2022



Gustavo Sandi Ahuanari
DNI: 70285157
APU
COMUNIDAD NATIVA NUEVO REMANENTE