



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES

TESIS

**“CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES DE UN BOSQUE DE
TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, LORETO. 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES

PRESENTADO POR:

LINDA MAELA CARDENAS AMASIFUEN

ASESOR:

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 030-CTG-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 29 días del mes de mayo del 2024, a horas 12:00 m., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: "CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, LORETO. 2023", aprobado con R.D. N° 0565-2023-FCF-UNAP, presentado por la bachiller LINDA MAELA CARDENAS AMASIFUEN, para optar el Título Profesional de Ingeniera 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° 0164-2024-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr.	: Presidente
Ing. Segundo Córdova Horna, Dr.	: Miembro
Blgo. Carlos Roberto Dávila Flores, Dr.	: Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SÍ. T.S. FAC. D.R. I.A.M. P. 7 E

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

La sustentación pública y la tesis han sido: APROBADA con la calificación de BUENO

Estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las 13:10 Se dio por terminado el acto ACADÉMICO


Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente


Ing. SEGUNDO CÓRDOVA HORNA, Dr.
Miembro


Blgo. CARLOS ROBERTO DÁVILA FLORES, Dr.
Miembro


Ing. ROMÁN BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor

**“CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES DE UN BOSQUE DE
TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, LORETO. 2023”**

(Aprobado el día 29 de mayo del 2024, según Acta de Sustentación N°030)

MIEMBROS DEL JURADO


Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente
Reg. CIP N° 28387


Ing. SEGUNDO CORDOVA HORNA, Dr
Miembro
Reg. CIP N° 65032


Blgo. CARLOS ROBERTO DAVILA FLORES, Dr.
Miembro
Reg. CBP N° 6162


Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Asesor
Reg. CIP N° 45725

NOMBRE DEL TRABAJO

FCF_TESIS_CARDENAS AMASIFUEN.pdf

AUTOR

LINDA MAELA CARDENAS AMASIFUEN

RECUENTO DE PALABRAS

11608 Words

RECUENTO DE CARACTERES

57494 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

48 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

609.0KB

FECHA DE ENTREGA

Nov 2, 2024 10:26 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 2, 2024 10:26 PM GMT-5

● **20% de similitud general**

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

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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

DEDICATORIA

A mi madre, por darme la vida y guiarme siempre por su amor, comprensión y desprendimiento.

A mi padre, por darme fuerzas, por no dejarme caer y mostrarme el camino del bien.

A todas las personas que participaron con algún aporte para la realización de este trabajo, por la confianza y la paciencia para la realización del mismo.

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar, a Dios, por la vida, por mi familia y toda la gente que me rodea.
- A Wilson Cardenas Vela, por darme los alcances necesarios sin importar horarios y fechas.
- Palmir Amasifuen Ángulo por ordenarme las ideas y concretar tan anhelado proyecto.
- Gracias a mis padres y hermana por ayudarme en todo momento y jamar dudar en mi.

ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	PORTADA	i
	ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
	FIRMA DE JURADOS	iii
	RESULTADOS DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
	DEDICATORIA	v
	AGRADECIMIENTO	vi
	ÍNDICE GENERAL	vii
	ÍNDICE DE TABLAS	x
	ÍNDICE DE GRAFICOS	xi
	RESUMEN	xii
	ABSTRACT	xiii
	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1.	Antecedentes	3
1.2.	Bases teóricas	6
1.3.	Definición de términos básicos	8
	CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
2.1.	Formulación de la hipótesis	10
2.2.	Variables y su operacionalización	10

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño	11
3.2. Diseño muestral	11
3.3. Procedimientos de recolección de datos	12
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	12
3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística	12
3.4.2. Determinar el número de árboles por clase diamétrica y por especie	12
%4.3. Estimación de la biomasa aérea	12
• Cálculo de la biomasa radicular	13
• Cálculo de la biomasa total	13
%4.4. Estimación del carbono almacenado	13
3.4.5. Análisis estadístico	14
✓ Prueba de normalidad	14
• Prueba de hipótesis	14
3.5. Aspectos éticos	15
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	16
4.1. Composición florística	16
4.2. Número de árboles por clase diamétrica	18
4.3. Biomasa	23
4.4. Carbono almacenado	28
4.5. Prueba de hipótesis	33

4.5.1. Prueba de normalidad	33
4.5.2. Prueba de hipótesis	35
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	38
5.1. Composición florística del área de estudio	38
5.2. Almacenamiento de carbono	41
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	45
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	46
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	47
ANEXOS	52
Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio	53
Anexo 2. Identificación botánica de las especies forestales comerciales	54

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Composición florística del bosque de colina baja	17
2.	Registro de distribución de árboles por clase diamétrica y especies	22
3.	Biomasa por clase diamétrica y especie	27
4.	Carbono almacenado por clase diamétrica y especie	32
5.	Prueba de normalidad del carbono almacenado	34
6.	Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de carbono almacenado	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1.	Distribución del número de árboles por familia	17
2.	Distribución del número de árboles por hectárea	20
3.	Distribución del número de árboles por especie	21
4.	Distribución de la biomasa por especie	25
5.	Biomasa por clase diamétrica	26
6.	Almacenamiento de carbono por especie	29
7.	Distribución del carbono almacenado por especie	30
8.	Caja de bigotes de carbono almacenado en los árboles	34

RESUMEN

Se examinó el bosque de terraza baja del distrito de Napo para determinar su potencial de almacenamiento de carbono. en la comunidad nativa de Nueva Libertad, el estudio se realizó en las parcelas de corta (PC1) y (PC2) del plan de gestión forestal intermedio para los permisos de aprovechamiento forestal. Se identificaron once familias botánicas, doce especies forestales comerciales y un total de 1023 árboles. La biomasa seca fue de 11 672,62 kg/ha en total. Las dos especies con mayor biomasa son *Maquira coriacea* (8305,89 kg/ha) y *Calycophyllum spruceanum* (1 565,68 kg/ha). Se almacenaron 5,836 tC de carbono por hectárea. *Maquira coriacea* (4,15 tC/ha) y *Calycophyllum spruceanum* (0,78 tC/ha) fueron las especies que más carbono almacenaron. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis muestran que existen variaciones entre especies en la reserva media de carbono. Dado que no hay diferencias significativas entre los grupos de especies y que el valor chi-cuadrado es de 20,399 y la significación asintótica es de 0,040, ambos por debajo del nivel de significación de 0,05, hay datos suficientes para rechazar la hipótesis nula.

Palabras clave: Almacenamiento de carbono, terraza baja, bosque, Napo, Loreto.

ABSTRACT

The low terrace forest of the Napo district was examined to determine its carbon storage potential. In the native community of Nueva Libertad, the study was conducted in the cutting plots (PC1) and (PC2) of the intermediate forest management plan for logging permits. Eleven botanical families, twelve commercial forest species and a total of 1023 trees were identified. The dry biomass was 11 672.62 kg/ha in total. The two species with the highest biomass were *Maquira coriacea* (8305.89 kg/ha) and *Calycophyllum spruceanum* (1 565.68 kg/ha). They stored 5.836 tC of carbon per hectare. *Maquira coriacea* (4.15 tC/ha) and *Calycophyllum spruceanum* (0.78 tC/ha) were the species that stored the most carbon. The results of the Kruskal-Wallis test show that there are variations among species in the mean carbon stock. Since there are no significant differences between species groups and the chi-square value is 20.399 and the asymptotic significance is 0.040, both below the 0.05 significance level, there is sufficient data to reject the null hypothesis.

Keywords: Carbon storage, low terrace, forest, Napo, Loreto.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas medioambientales más importantes en la actualidad es el calentamiento global, que altera los procesos atmosféricos y provoca cambios climáticos. En los últimos siglos ha aumentado la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), que son los causantes del calentamiento (Garreaud, 2011; Sánchez, 2008 como se citó en Graciano *et al.*, 2019, p. 119).

El desarrollo cotidiano de actividades como la quema de combustibles fósiles y la conversión de bosques en tierras agrícolas, que tienen importantes efectos negativos sobre el desarrollo humano, es la causa principal de las elevadas emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (Díaz, 2020, p. 12).

El cambio climático, ya sea provocado por la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana, altera la atmósfera y aumenta la liberación de gases de efecto invernadero, sobre todo CO₂. Dado que la mayor parte del calentamiento global ha sido creado directa o indirectamente por actividades antropogénicas, de nosotros depende reducir o acelerar el proceso de calentamiento global; es de suma importancia reducirlo o intentar que no aumente (Díaz, 2020, p. 14).

Según Honorio y Baker (2010), la FAO (2010) y Fonseca *et al.* (2013), como se citó en Retana *et al.*, (2019), p. 342, los bosques tropicales regulan las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera capturándolo, almacenándolo y fijándolo en la biomasa y el suelo. Como resultado, desempeña un papel crucial en el ciclo global del carbono, frenando el ritmo del cambio climático y actuando como un mecanismo eficiente para equilibrar las emisiones de gases de efecto invernadero (Honorio y Baker, 2010; FAO, 2010 como se citó en Retana *et al.*, 2019, p. 342). Como consecuencia del aumento de la

contaminación antropogénica en las últimas décadas, los bosques maduros tienen la capacidad de mitigar el aumento de CO₂ en la atmósfera (Honorio y Baker, 2010 como se citó en Retana *et al.*, 2019, p. 342).

El objetivo general de este estudio fue determinar el carbono almacenado en las especies de un bosque de terraza baja de la comunidad nativa Nueva Libertad, distrito del Napo, Loreto. 2023.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En 2022 se realizó en el distrito de Morona un estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo, de nivel básico. Se incluyeron en la población los árboles con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corta. Se identificaron 18 especies forestales comerciales, 11 familias botánicas y 616 árboles, siendo la familia Fabacea la que más especies presentó (cuatro especies) en este bosque de terraza baja. Los resultados muestran que *Ceiba pentandra* (0,70 tC/ha) tiene la mayor reserva de carbono de un total de 2877,51 tC, seguida de *Parkia multijuga* (0,44 tC/ha), *Otoba glydicarpa* (0,41 tC/ha) y *Cedrelinga cateniformis* (0,39 tC/ha) (Reategui, 2022, pp. 13, 19, 26).

En 2022, se realizó un estudio cuantitativo, no experimental, descriptivo, de nivel básico, en el bosque de terraza baja del distrito de Napo. La por con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corta. Se contabilizaron 703 árboles, incluyendo seis especies forestales comerciales y seis grupos botánicos. Los resultados muestran que *Maquira coriacea* (2,30 tC/ha) tenía la mayor reserva de carbono, luego *Eschweilera coriacea* (0,13 tC/ha) y *Vochysia vismiifolia* (0,07 tC/ha), sin embargo la *Virola albidiflora*, *Hymenaea oblongifolia* y *Ocotea cernua* tenían la menor reserva de carbono (Acuña, 2022, pp. 13, 20, 25)

Se realizó un análisis descriptivo y cuantitativo de nivel básico en el distrito de Mazán en 2021, y los resultados mostraron que todas las especies comerciales con mayor o igual al DMC en el bosque de terraza baja constituían la población de estudio. En total había 1045 árboles, incluyendo 11 grupos botánicos y 14 especies forestales comerciales. Los resultados indican que el carbono

almacenado es de 10,279 tC/ha y 3227,84 tC, donde *Maquira coriacea* (7,62 tC/ha y 2394,17 tC) reporta el valor más alto, seguida de *Calycophyllum spruceanum* (1,38 tC/ha y 434,48 tC), *Parkia nitida* (0,24 tC/ha y 77,27 tC), *Eschweilera bracteosa* y (0,22 tC/ha y 68,36 tC) e *Iryanthera elliptica* (0,21 tC/ha y 66,92 tC). Las mayores concentraciones de carbono almacenado se encuentran en las clases diamétricas de 60 cm a 69 cm (2,45 tC/ha y 769,71 tC), 70 cm a 79 cm (2,30 tC/ha y 722,54 tC) y 50 cm a 59 cm (2,14 tC/ha y 673,79 tC) (Flores, 2021, pp. 11, 15, 21).

Se realizó un estudio descriptivo, cuantitativo, transversal y de nivel básico en el distrito de San Pablo en 2019; los resultados mostraron que en total fueron 545 árboles, los cuales fueron categorizados en 7 especies, 7 géneros y 6 familias botánicas. Mientras que las demás familias sólo tienen un género y una especie, la familia Rubiaceae tiene dos géneros y dos especies. La masa total de la reserva de carbono es de 2781,62 tC. La especie *Maquira coriacea* presenta la mayor reserva con 2083,31 tC, seguida de *Calycophyllum spruceanum* con 650 tC, mientras que las otras cinco especies sólo presentan un total de 650 tC (Escobar, 2018, pp. 26, 39).

Todos los individuos arbóreos de especies forestales aprovechables sirvieron como población de investigación en un estudio cualitativo, descriptivo y de nivel básico que se realizó en el distrito de Pastaza en 2019. Los hallazgos revelan 13 géneros y siete familias botánicas, que en conjunto contienen 14 especies forestales comerciales. *Aniba puchury-minor*, *Cedrelinga cateniformis*, *Ormosia schunkei*, *Schizolobium amazonicum* y *Tachigali paniculata* están entre los cinco géneros y cinco especies de la familia Fabaceae. La máxima concentración de

carbono se encontró en *Cariniana decandra* (307,06 tC/ha), seguida de *Cariniana pyriformis* (233,91 tC), *Cedrelinga cateniformis* (177,60 tC), *Terminalia oblonga* (164,62 tC) y *Virola divergens* (95,83 tC) (Machoa, 2019, pp. 12, 16, 23).

En 2018 se desarrolló un estudio básico descriptivo, cuantitativo y transversal en la comunidad nativa de Uranias, siendo la población de estudio todos los individuos arbóreos de especies aprovechables comercialmente con DAP mayor o igual a 10 cm en el bosque de terraza baja. La investigación condujo al registro de 216 árboles divididos en 11 familias botánicas y 21 especies forestales comerciales. La cantidad total de reservas de carbono en el PCA 1 es de 122,29 tC. La mayor reserva de carbono es aportada por *Calophyllum brasiliense* "lagarto caspi" (13,56 tC), seguido de *Calycophyllum spruceanum* "capirona" (10,63 tC), *Eschweilera* sp "machimango" (9,74 tC), y *Manilkara bidentata* "quinilla" (8,67 tC); *Simarouba amara* "marupá" es el menor contribuyente (1,81 tC) (Urrelo, 2018, pp. 13, 17, 21).

En 2018 se desarrolló un estudio descriptivo y de nivel básico en la cuenca del río Mazán, con todos los árboles aprovechables como población de estudio. Los resultados revelan que en el bosque de terraza baja se registraron 44 especies, divididas en 40 géneros y 20 familias botánicas. Las especies comerciales contenían 10,47 toneladas de carbono, de las cuales *Virola* sp. fue la que más aportó (1,69 tC), seguida de *Eschweilera albiflora* (1,32 tC) y *Pouteria hispida* (1,01 tC). Entre las especies con menores reservas se encuentran *Ocotea oblonga* (0,03 tC), *Campsiandra laurifolia* (0,02 tC), *Caryocar glabrum* (0,02 tC) y *Miconia amazonica* (0,02 tC) (Paredes, 2018, pp. 21, 27, 37, 38).

1.2. Bases teóricas

El dióxido de carbono (CO₂) es el principal responsable del calentamiento global. Almacenarlo en la biomasa y el suelo mediante la acumulación de materia orgánica es una técnica para mitigar su impacto (Avila *et al.*, 2001 como se citó en Graciano *et al.*, 2019, p. 119).

Según Ni *et al.*, (2016) y Stavins y Richards (2005) como se citó en Graciano *et al.*, (2019, p. 119), los ecosistemas forestales tienen una gran capacidad para almacenar CO₂ y pueden utilizarse como técnica alternativa para equilibrar las emisiones actuales y futuras. Dependiendo de la mezcla florística, la edad y la densidad de población de cada estrato dentro de una comunidad vegetal, pueden almacenarse diferentes cantidades de carbono en forma de biomasa aérea (Fonseca-González, 2017; Schulze *et al.*, 2000 como se citó en Graciano *et al.*, 2019, p. 119).

Los ecosistemas forestales tienen una gran capacidad para almacenar dióxido de carbono y pueden utilizarse para mitigar las emisiones actuales y futuras, afirman Ni *et al.*, (2016) y Stavins y Richards (2005) como se citó en Graciano *et al.*, (2019), p. 119.

Los bosques son los ecosistemas terrestres que más carbono almacenan porque convierten el dióxido de carbono atmosférico (CO₂) en carbono orgánico en las estructuras vegetales a través de la fotosíntesis. Este carbono orgánico se convierte después en suelo y detritus, proporcionando un almacén de carbono por encima y por debajo de la tierra (Jaramillo 2004 como se citó en Clemente, 2022, p. 56).

La vegetación arbórea o arbustiva presente en los sistemas agroforestales (SAFs) aumenta considerablemente la capacidad de secuestro de carbono debido a la mayor biomasa vegetal presente (Nair 1993 como se citó en Clemente, 2022, p. 56). La cantidad, el tamaño y la proporción de árboles y plantas tendrán un impacto significativo en la cantidad de carbono almacenado en la biomasa (Montagnini y Nair 2004 como se citó en Clemente, 2022, p. 56).

Se cree que la mayor parte de los flujos de carbono entre la tierra y la atmósfera se deben a los bosques y arboledas, que son ecosistemas terrestres que adquieren, almacenan y liberan carbono como resultado de la actividad fotosintética, la respiración y la descomposición de la materia seca (Tipper, 1998 como se citó en Razo *et al.*, 2013, p. 74).

La cantidad de carbono orgánico que puede almacenarse en los bosques en términos netos se ve afectada por la gestión del dosel, la edad, la distribución del tamaño, la estructura y la composición. Los bosques ayudan al medio ambiente reduciendo la concentración de carbono en la atmósfera, que aumenta como consecuencia de las emisiones de origen humano (Torres y Guevara, 2002 como se citó en Razo *et al.*, 2013, p. 74).

Una masa forestal debe mantenerse dinámica aportando regularmente al suelo materia orgánica procedente de los árboles más viejos, mientras que otros árboles jóvenes se dedican activamente a la actividad fotosintética y se desarrolla la regeneración natural de diversas especies. Este entorno es óptimo para que el bosque fije y almacene carbono. Los incendios forestales son uno de los principales agentes perturbadores del bosque, ya que liberan enormes cantidades

de carbono en forma de dióxido de carbono en cuestión de minutos (Ikkonen *et al.*, 2004 como se citó en Razo *et al.*, 2013, p. 74).

Los bosques son fundamentales para influir en la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Actúan como sumideros de carbono (C), absorbiendo el equivalente a 2000 millones de toneladas de CO₂ cada año (FAO, 2018 como se citó en José *et al.*, 2021, p. 40). Como resultado de su capacidad para absorber CO₂ atmosférico durante la fotosíntesis, según el informe del IPCC (2007) como se citó en José *et al.*, (2021), p. 40, se estima que los bosques tienen un potencial de mitigación de 2,7-13,8 Pg CO₂. año⁻¹. Esto sugiere que, para 2050, podrían almacenar hasta 100 Pg de C, lo que supondría entre el 10% y el 20% de las emisiones de combustibles fósiles previstas. Ante esta situación, es crucial evitar la deforestación y gestionar los bosques autóctonos de forma sostenible, al tiempo que se establecen nuevas zonas forestales.

1.3. Definición de términos básicos

Biomasa: Materia orgánica de origen vegetal o animal, incluidos los desechos y restos orgánicos, que puede utilizarse para producir energía (Velasquez, 2019, p. 38).

Bosque de terraza baja: Al estar a menudo más elevadas que el río, se inundan ocasionalmente como consecuencia de crecidas poco frecuentes o importantes. (Fondo Nacional para áreas Naturales Protegidas por el Estado. PROFONANPE, 2007, p. 13).

Bosque: Se trata de un conjunto de árboles que habitan una determinada zona del terreno y que se rigen por factores ambientales como el taxón del suelo, la

pendiente, la elevación o la forma geológica (Cancino, 2006, como se citó en (Rodríguez, 2013, p. 19).

Carbono almacenado: Es un servicio medioambiental que ofrecen los ecosistemas relacionados con la silvicultura y la agricultura. Esto se debe al hecho de que la fotosíntesis, realizada por las hojas de las plantas y que transforma el CO₂ atmosférico en dióxido de carbono, oxígeno y agua, es la fuente de toda la biomasa (Cabrera, 2016, como se citó en Díaz, 2022, p. 12).

Carbono: Componente químico fundamental de las sustancias orgánicas que puede encontrarse en el océano, el aire, el suelo y los intestinos. Se consideran depósitos (reservas) de carbono, elemento que se traslada de un depósito a otro mediante procesos químicos, físicos y biológicos (Rügnitz, *et al.*, 2009, como se citó en Díaz, 2022, p. 13).

Dioxido de carbono (CO₂): Es uno de los gases que contribuyen al efecto invernadero, un mecanismo que mantiene estable la temperatura de la tierra pero que se ve exacerbado por un exceso de CO₂ (Velasquez, 2019, p. 39).

Estructura diamétrica: Número medio de árboles por hectárea distribuidos entre clases diamétricas, por árbol individual (Wabo, 1999, p. 1).

Número de árboles: La forma más sencilla de determinar la densidad de un rodal es contar el número de árboles por hectárea (Cancino, 2012, p. 155).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Existe diferencia del carbono almacenado por especie del bosque de terraza baja de la comunidad nativa Nueva Libertad, distrito del Napo, Loreto. 2023.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medio de verificación
Independiente - Bosque: terraza baja	Se trata de un conjunto de árboles que habitan una determinada zona del terreno y que se rigen por factores ambientales.	Cuantitativa	- Número de individuos, especies, géneros, S familias	Razón	- Fichas de registro de las especies forestales existentes en el bosque de estudio
Dependiente - Carbono almacenado	Es un servicio medioambiental que ofrecen los ecosistemas relacionados con la silvicultura y la agricultura. Esto se debe al hecho de que la fotosíntesis, realizada por las hojas de las plantas y que transforma el CO ₂ atmosférico en dióxido de carbono, oxígeno y agua, es la fuente de toda la biomasa	Cuantitativa	- Toneladas de carbono	Razón	- Base de datos del inventario y la hoja de cálculos en Excel.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

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

El área donde se realizó la investigación fue en las PC1 y PC2 del bosque de terraza baja del plan de manejo forestal intermedio para los permisos de aprovechamiento forestal es la comunidad nativa de Nueva Libertad y tiene una superficie de aproximadamente 453,76 hectáreas. Las siguientes coordenadas UTM definen el área de estudio:

Cuadro 1. Coordenadas UTM de las parcelas de corta

Parcelas de Cortas	Vértices	Este (x)	Norte (y)	Área (Ha)
PC 01	1	702491,654	9657458,427	224,86
	2	701436,511	9656602,906	
	3	700163,395	9657964,549	
	4	700695,073	9658421,661	
PC 02	1	704252,452	9654656,948	228,94
	2	705111,364	9654925,558	
	3	706388,198	9654232,466	
	4	706904,392	9653604,193	
	5	706898,249	9653531,192	
	6	706675,946	9653567,107	
	7	706197,121	9653701,647	
	8	704873,912	9653228,893	
	9	704712,782	9653617,117	
	10	705156,232	9654551,280	
	11	705047,889	9654541,801	
	12	704669,763	9653756,451	

Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito del Napo, provincia de Maynas, Región Loreto (Anexo 1).

3.2. Diseño muestral

Todos los árboles de especies forestales de una superficie aproximada de 2120,52 hectáreas presentes en el bosque de terraza baja constituyeron la población de la investigación. Se registró las especies forestales con mayor o igual a 10 cm de DAP de la PC 1 y PC2 en un área aproximada de 453,76 ha.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

El estudio uso los datos de campo recogidos durante el inventario forestal de Triplay Martin S.A.C. (TRIMASA) 2023, en el que el formulario de recogida de datos registró el nombre de la especie, el DAP, la altura total, las coordenadas UTM y algunas observaciones.

3.4. Procesamiento y análisis de los datos

A lo largo de todo el estudio se realizó trabajo de gabinete, ya que se utilizó la información recopilada durante el inventario forestal de 2023 en el bosque de terraza baja del distrito del Napo. El trabajo consistió en organizar los datos de campo, analizar los datos y calcular adecuadamente la cantidad de carbono almacenado en árboles y especies específicas mediante estimación dasométrica.

3.4.1. Verificación y determinación de la composición florística

Se verificó e identificó la composición florística de las especies forestales comerciales registradas en el censo forestal a nivel de nombres comunes, nombres científicos y familias, en el Herbarium Amazonense de la Universidad Nacional de la Amazona Peruana,

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

Se realizó en categorías de 10 cm de diámetro basadas en el diámetro a la altura del pecho (DAP). En este trabajo, se construyó un intervalo de clase de 10 cm de acuerdo con las directrices de las normas internacionales para comparar los resultados con los de otros estudios (Cardenas, 1986, como se citó en Moreno, 2015, pp. 26, 27).

3.4.3. Estimación de la biomasa aérea

Ecuación alométrica sugerida por (Chave *et al.*, 2014)

$$AGB=0,0673 * (p D2 H)^{0,976}$$

Donde:

AGB = Biomasa total o por componente estructural (kg)

D2 = Diámetro normal (cm)

H = Altura total (m)

ρ = Densidad de la madera (g/cm³) (Zanne *et al.*, 2009).

El diámetro normal se utilizó con frecuencia como variable independiente en las ecuaciones de estimación de la biomasa; sin embargo, la adición de la altura total mejora la capacidad de previsión del modelo. La ausencia de esta variable podría conducir a una sobreestimación de la biomasa (Feldpausch *et al.*, 2012; Ruiz-Aquino *et al.*, 2014 como se citó en Cortés *et al.*, 2019, p. 5).

- **Cálculo de la biomasa radicular**

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

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

- **Cálculo de la biomasa total**

$$B_t = B_a + B_r$$

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

3.4.4. Estimación del carbono almacenado

Para la estimación indirecta por hectárea del contenido de carbono en la biomasa forestal, se considera que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal corresponde a carbono (Rügnitz *et al.*, 2009, p.3 como se citó en Quiceno & Tangarife, 2014, p. 42).

$$C = 0,5 (B_t)$$

Dónde:

C = Carbono almacenado en toneladas de carbono (tC); B_t = biomasa seca en toneladas (t).

3.4.5. Análisis estadístico

✓ Prueba de normalidad

Mediante la prueba de Kolmogoroff-Smirnoff, se examinó la normalidad de los datos sobre reservas de carbono. En vista de ello, se formuló la siguiente teoría:

✓ Hipótesis nula (H₀):

La variable aleatoria SI tiene distribución normal. Si el *p-valor* > 0,05

Hipótesis alterna (H₁):

La variable aleatoria NO tiene distribución normal. Si el *p-valor* < 0,05

✓ Prueba de hipótesis

El resultado de la prueba de normalidad muestra que los datos no son normales. En consecuencia, se aplicaron pruebas no paramétricas como Chi-cuadrado y Kruskal-Wallis. A partir de estos datos, se elaboró la hipótesis estadística que se expone a continuación:

Hipótesis nula (H₀):

No existe diferencia del carbono almacenado en las especies del bosque de terraza baja en la comunidad nativa Nueva Libertad, distrito del Napo, Loreto. 2023. *p-valor* > 0,05

Hipótesis alterna (H₁):

Existe diferencia del carbono almacenado en las especies del bosque de terraza baja en la comunidad nativa Nueva Libertad, distrito del Napo, Loreto. 2023. *p-valor* < 0,05

3.5. Aspectos éticos

En esta investigación se respetarán los cuatro principios éticos fundamentales de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Composición florística

Las especies vegetales están ordenadas alfabéticamente. Dado que no hay ningún grupo vegetal dominante, la representación diversa de 11 familias botánicas en la segunda columna sugiere que la zona tiene una riqueza florística considerable. El nombre científico figura en la tercera columna, y la cantidad de cada especie encontrada en el inventario forestal, en la quinta (Tabla 1).

La tabla muestra que *Maquira coriacea*, denominada capinuri, es la especie vegetal más prevalente en el bosque evaluado. En el estudio hay 681 ejemplares de esta especie. *Calycophyllum spruceanum*, llamada capirona, es la segunda especie más común, con 189 individuos.

Otras especies vegetales abundantes son 19 individuos de *Hura crepitans*, también conocida como catahua; 26 individuos de *Virola elongata*, también conocida como cumala; 51 individuos de *Ceiba samauma*, también conocida como huimba; y 21 individuos de *Eschweilera bracteosa*, también conocida como machimango.

La tabla también muestra qué especies de plantas como *Simarouba amara*, (Marupa) sólo se encontraron en ejemplares únicos durante la investigación. Tanto *Pouteria hispida* (Quinilla) como *Nectandra paucinervia* (Moena) registran dos individuos. Hay siete individuos de *Parkia multijuga* (pashaco), siete individuos de *Ceiba pentandra* (Lupuna) y diecisiete individuos de *Vochysia vismiifolia* (Quillosa).

En general, existe una importante diversidad de plantas en la Amazonia peruana. Aunque muchas especies de plantas son comunes en la zona, todavía hay algunas que son extremadamente poco comunes. Para preservar este tesoro

natural para las generaciones futuras, es crucial conservar la biodiversidad de la Amazonia.

Tabla 1. Composición florística del bosque de colina baja

N°	Familia	Especie		N° de árboles
		Nombre científico	Nombre común	
1	MORACEAE	<i>Maquira coriacea</i>	Capinuri	681
2	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Capirona	189
3	EUPHORBIACEAE	<i>Hura crepitans</i>	Catahua	19
4	MYRISTICACEAE	<i>Virola elongata</i>	Cumala	26
5	MALVACEAE	<i>Ceiba somauma</i>	Huimba	51
6	MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	Lupuna	7
7	LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera bracteosa</i>	Machimango	21
8	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i>	Marupa	1
9	LAURACEAE	<i>Nectandra paucinervia</i>	Moena	2
10	FABACEAE	<i>Parkia multijuga</i>	Pashaco	7
11	VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia vismiifolia</i>	Quillosisa	17
12	SAPOTACEAE	<i>Pouteria hispida</i>	Quinilla	2
Total				1023

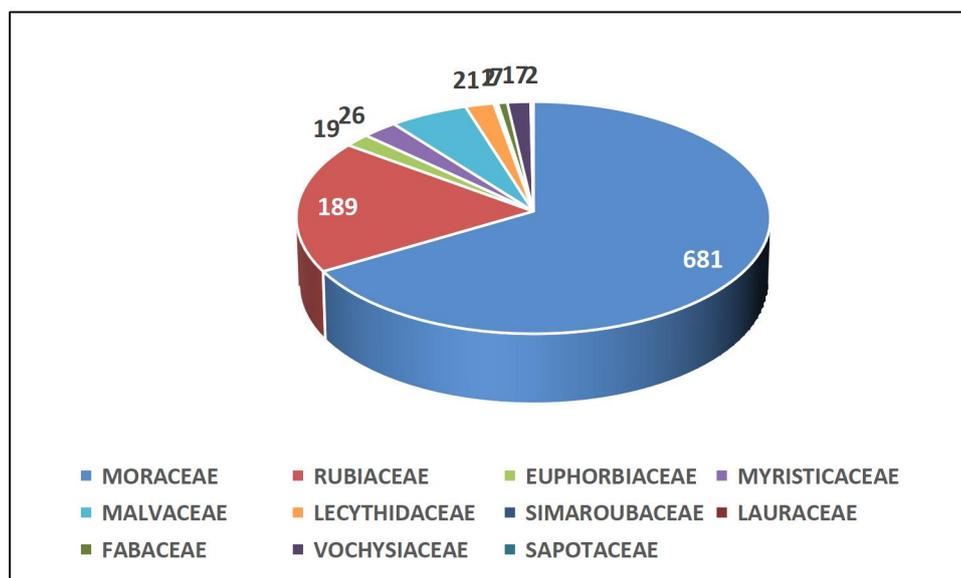


Gráfico 1. Distribución del número de árboles por familia

Con 681 individuos, la familia Moraceae es la que cuenta con el mayor número de árboles, como puede verse en la gráfica 1. Entre los árboles de esta familia se

encuentra el capinuri (*Maquira coriacea*). Con 189 individuos, Rubiaceae es la segunda familia con más árboles. Entre los árboles de esta familia se encuentra la capirona (*Calycophyllum spruceanum*). Las familias Euphorbiaceae (19 especies), Myristicaceae (26 especies), Malvaceae (58 especies) y Lecythidaceae (21 especies) se encuentran entre las que cuentan con un número notable de árboles.

4.2. Número de árboles por clase diamétrica

En la tabla 2 se indica el número de árboles de cada especie, clase diamétrica, hectárea y clasificación forestal total. Las clases diamétricas van de 10 cm a 110 cm o más, con intervalos de 10 cm. El número total general de cada clase diamétrica y el número global de árboles por especie se resumen en las dos últimas filas de la tabla (Total y total general).

El bosque de investigación tiene un total de 1023 árboles, repartidos en varias especies y clases diamétricas, con 2,25 árboles por hectárea. Los valores de las celdas de la tabla corresponden al número de árboles por hectárea de cada especie en cada clase diamétrica. El número en el cruce de la fila *Maquira coriacea* y la columna de 10 a 20 cm es 0,013, lo que indica que hay 0,013 árboles por hectárea en la clase diamétrica de 10 cm de la especie.

En *Maquira coriacea* hay 681 árboles (1,50 árboles/ha). Las clases diamétricas en las que se reparte este total son de 60 a 70 cm, siendo 0,383 árboles por hectárea la más significativa. Hay 189 árboles en *Calycophyllum spruceanum* (0,417 árboles/ha), siendo la clase diamétrica de 60 a 70 cm la que más contribuye con 0,148 árboles por hectárea. *Ceiba somauma* aporta 0,029 árboles/ha, o 0,112 árboles. *Virola elongata* tiene 0,057 árboles/ha (26 árboles), mientras que la clase diamétrica de 100 a 110 cm tiene 0,112 árboles por hectárea (51 árboles). Con

0,022 árboles por hectárea, la clase diamétrica de 10 a 20 cm realiza la mayor contribución.

Nectandra paucinervia, por su parte, presenta valores inferiores con 0,004 árboles (0,004 árboles/ha), procediendo 0,002 árboles por hectárea de las clases diamétricas de 60 a 70 cm y de 110 a 120 cm. *Simarouba amara* tiene un total de 0,002 árboles/ha, siendo la clase diamétrica de 70 a 80 cm la que más contribuye con 0,002 árboles por hectárea. *Pouteria hispida* tiene 0,004 árboles (0,004 árboles/ha), distribuidos principalmente en las clases diamétricas de 60 a 70 cm y de 90 a 100 cm.

La clase diamétrica de 60 a 70 cm presenta la mayor concentración de árboles (0,562 árboles/ha; 255 árboles), seguida de las clases de 70 a 80 cm (0,480 árboles/ha; 218 árboles) y de 50 a 60 cm (0,284 árboles/ha; 129 árboles) en el total general por clase diamétrica.

Con el fin de estudiar y gestionar los bosques, esta interpretación hace hincapié en la distribución de los árboles por especies y clases diamétricas, ofreciendo un conocimiento exhaustivo de la composición del bosque. Es importante conocer la distribución de los árboles por especies y clases diamétricas por una serie de razones relacionadas con la ecología, la gestión forestal y la conservación. La distribución de los árboles por clases diamétricas puede proporcionar información esencial sobre la estructura y la salud del bosque, que es una de las razones por las que es necesario evaluar la salud del bosque.

Un bosque sano suele tener una distribución equilibrada de árboles de distintas edades y tamaños. El secuestro de carbono es la capacidad de un bosque para capturar y almacenar carbono, y está correlacionado con la biomasa total de

árboles del bosque. La gestión forestal sostenible es crucial porque permite a los gestores forestales tomar decisiones bien fundadas sobre cuándo y cómo realizar intervenciones, como la tala de madera, para mantener la biodiversidad y la salud del ecosistema. Entre otras cosas, determinar la distribución del tamaño de los árboles ayuda a estimar la cantidad de carbono almacenado en el bosque y su papel en la reducción del cambio climático. En conclusión, la distribución de los árboles por especies y clases diamétricas ofrece información crucial para la conservación y gestión de los bosques, garantizando su viabilidad a largo plazo y sus efectos positivos sobre el medio ambiente.

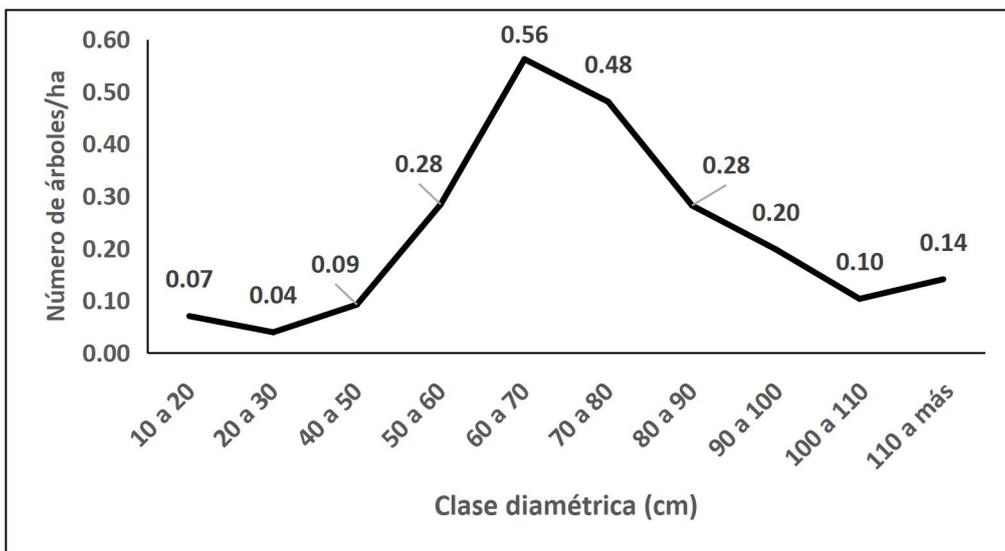


Gráfico 2. Distribución del número de árboles por hectárea

Según el diámetro, la gráfica 2 muestra la distribución de árboles por hectárea en el bosque. La clase de diámetro, o el rango de diámetros de los árboles en centímetros, está representada por el eje horizontal. El número de árboles por hectárea en cada clase de diámetro se muestra en el eje vertical.

Según el gráfico, la mayoría de los 255 árboles (0,562 árboles/ha) de este bosque tenían un diámetro de entre 60 y 70 cm. Hay menos árboles (129 árboles; 0,284 árboles/ha) con diámetros entre 50 y 60 cm, y aún menos (128 árboles; 0,282

árboles/ha) con tamaños entre 80 y 90 centímetros. Sólo hay dieciocho árboles (0,040 árboles/ha) con diámetros superiores a 20 o 30 centímetros.

La curva del gráfico se aplana un poco a medida que aumenta la clase de diámetro. Esto implica que el número de árboles con diámetros grandes es menor que el de árboles con diámetros pequeños.

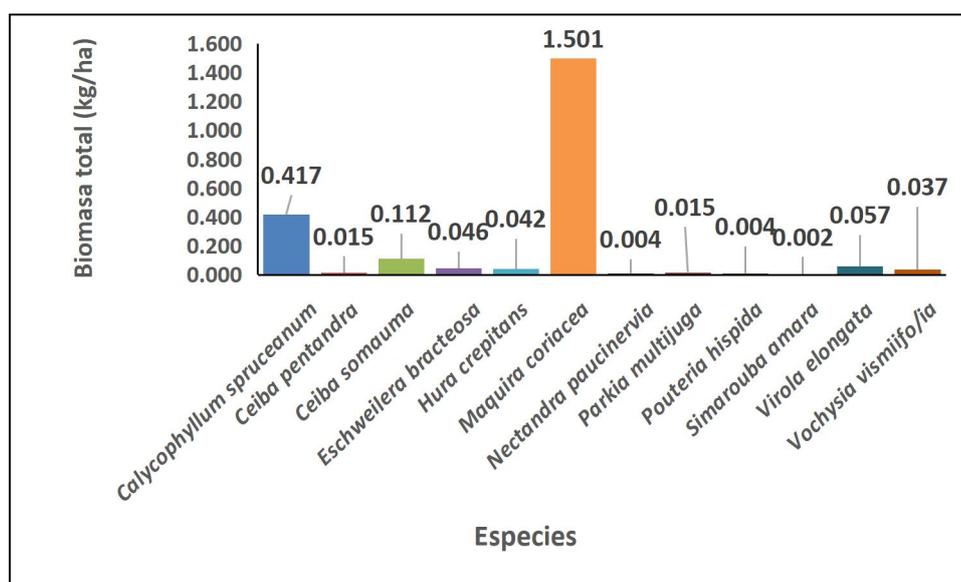


Gráfico 3. Distribución del número de árboles por especie

Maquira coriacea tiene el mayor valor en la gráfica 3, con un 66,57% de la biomasa total por hectárea en este bosque. Esta especie es un árbol enorme con un gran alcance vertical. Es una especie nativa de la región amazónica y desempeña un papel importante en la ecología al proporcionar sombra y cobertura a otros organismos. *Simarouba amara* tiene el valor más bajo de todas las especies, con un 0,09% de la biomasa total del bosque. Podemos deducir que en este bosque predominan los árboles enormes basándonos en estas dos especies. Esto se debe probablemente al clima cálido y húmedo de la región amazónica, perfecto para el crecimiento de grandes árboles.

Tabla 2. Registro de distribución de árboles por clase diamétrica y especies

Especie	Clase diamétrica por especie (cm)										N° de árb/ha	N° de árb.
	10 A 20	20 A 30	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 A +		
<i>Maquira coriacea</i>	0,013	0,013	0,062	0,145	0,383	0,364	0,225	0,150	0,075	0,071	1,501	681
<i>Calycophyllum spruceanum</i>			0,029	0,123	0,148	0,086	0,015	0,007	0,002	0,007	0,417	189
<i>Ceiba somauma</i>	0,013	0,004			0,013	0,011	0,013	0,018	0,011	0,029	0,112	51
<i>Virola elongata</i>	0,022	0,004		0,002	0,011	0,004	0,007	0,004	0,002		0,057	26
<i>Eschweilera bracteosa</i>		0,009		0,002		0,002	0,009	0,009	0,002	0,013	0,046	21
<i>Hura crepitans</i>	0,009	0,004				0,002	0,009	0,002	0,004	0,011	0,042	19
<i>Vochysia vismiifolia</i>	0,009		0,002	0,011	0,002	0,002		0,004	0,004	0,002	0,037	17
<i>Ceiba pentandra</i>						0,002	0,002	0,002		0,009	0,015	7
<i>Parkia multijuga</i>	0,004	0,004					0,004	0,002			0,015	7
<i>Nectandra paucinervia</i>					0,002				0,002		0,004	2
<i>Pouteria hispida</i>					0,002			0,002			0,004	2
<i>Simarouba amara</i>						0,002					0,002	1
Total	0,071	0,040	0,093	0,284	0,562	0,480	0,282	0,198	0,104	0,141	2,254	1023
Total general	32	18	42	129	255	218	128	90	47	64	1023	

4.3. Biomasa

Los datos sobre biomasa por especie y clase de diámetro se muestran en la Tabla 3. Las clases de diámetro van de 10 cm a 110 cm o más, con valores expresados en kilogramos (kg). La columna "Especies" contiene una lista de las numerosas especies arbóreas. Kilogramos por hectárea (kg/ha) es la unidad de medida de la biomasa por especie. La biomasa total de cada especie se indica en kilos en la última columna.

En total hay 5296 569,36 kg de biomasa y 11 672,62 kg de biomasa por hectárea. La biomasa por clase diamétrica de la especie *Calycophyllum spruceanum* oscila entre 1565,68 kg/ha y 710443,15 kg. *Maquira coriacea* (8305,89 kg/ha; 3 768 880,70 kg) es la especie con mayor biomasa entre todas las demás, seguida de *Calycophyllum spruceanum* (1565,68 kg/ha; 710 443,15 kg), *Ceiba somauma* (705,92 kg/ha; 320317,70 kg), *Eschweilera bracteosa* (385,05 kg/ha; 174720,86 kg) y *Hura crepitans* (203,79 kg/ha; 92471,79 kg). *Pouteria hispida* (32,08 kg/ha; 14 554,83 kg), *Nectandra paucinervia* (28,81 kg/ha; 13 073,41 kg) y *Simarouba amara* (7,59 kg/ha; 3445,41 kg) fueron las especies con menor biomasa.

Estas especies poseen los mayores niveles de biomasa, tanto en términos de biomasa total como de densidad de biomasa por hectárea. Entre todas las especies presentadas, *Maquira coriacea* destaca por poseer la mayor biomasa tanto total como por hectárea. Una parte sustancial de la biomasa total también la aporta *Calycophyllum spruceanum*.

A medida que aumenta la clase de diámetro, también lo hace la biomasa total. Esto se debe a que los árboles más grandes contienen más biomasa debido a su mayor volumen. Existen diferencias entre especies en cuanto a la distribución de la biomasa entre grupos diamétricos. Algunas especies, como *Maquira coriacea*,

presentan una distribución de la biomasa comparativamente homogénea en todas las clases diamétricas. Algunas especies tienen un mayor contenido de biomasa en las clases diamétricas más grandes, como *Calycophyllum spruceanum*.

Los árboles jóvenes de tamaño medio están representados por la clase diamétrica de 10-20 cm. En comparación con las clases de mayor diámetro, esta clase suele contener menos biomasa. Sin embargo, hay algunos valores atípicos dignos de mención. *Maquira coriacea*, por ejemplo, tiene una biomasa notable en esta clase de diámetro, lo que sugiere que se trata de una especie en rápida expansión.

En general, las clases diamétricas con mayor biomasa fueron las de 70-80 cm (2387,23 kg/ha; 1 083 231,70 kg), 60-70 cm (2131,29 kg/ha; 967 096,31 kg), 110 y más (1812,42 kg/ha; 822 402,36 kg) y 80-90 cm (1787,16 kg/ha; 810 940,59 kg). Las clases diamétricas con menor biomasa fueron las de 10-20 cm (9,57 kg/ha; 4341,08 kg), 20-30 cm (16,36 kg/ha; 7421,77 kg) y 40-50 cm (196,65 kg/ha; 89232,37 kg).

Sirve de indicador de la salud de los bosques. Una medida del desarrollo y crecimiento de un árbol es su biomasa. Los bosques con mucha biomasa suelen considerarse más sanos. Sirve como fuente de almacenamiento de carbono. A medida que se expanden, los árboles toman carbono de la atmósfera y lo almacenan en su biomasa. La biomasa de los bosques, uno de los principales sumideros de carbono del planeta, es crucial para reducir los efectos del cambio climático. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de la biomasa como fuente de energía contribuye a la lucha contra el cambio climático.

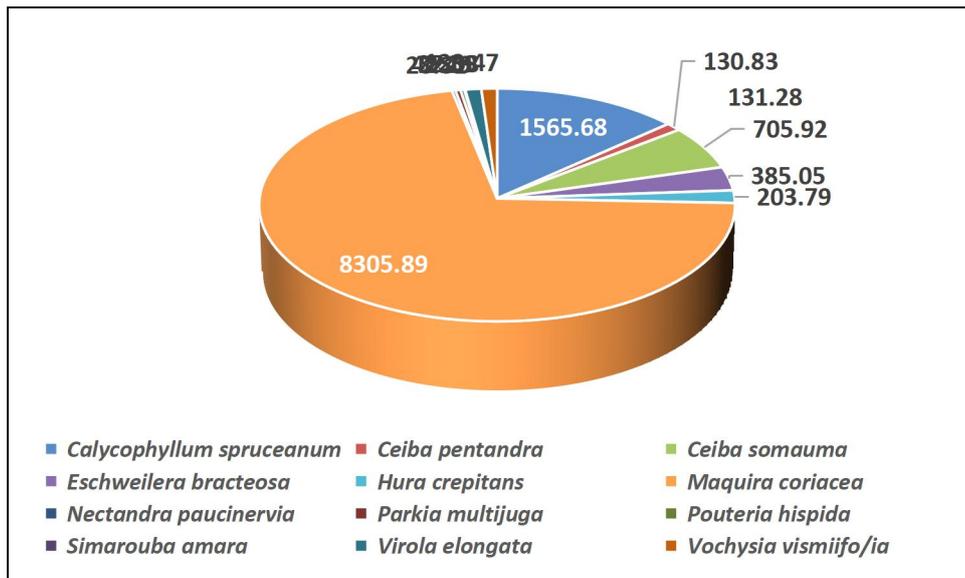


Gráfico 4. Distribución de la biomasa por especie

En el gráfico 4 se muestra la distribución de la biomasa por especies. Cada trozo del gráfico en forma de torta representa la proporción de biomasa que pertenece a una especie específica. *Maquira coriacea* (8305,89 kg/ha), *Calycophyllum spruceanum* (1565,68 kg/ha) y *Ceiba somauma* (705,92 kg/ha) son las tres especies con mayor biomasa; juntas representan el 71,16% del total.

En general, el gráfico indica que la mayor parte de la biomasa de este bosque la aportan árboles enormes, como *Maquira coriacea*. Esto se debe probablemente a las largas temporadas de crecimiento y a la importante acumulación de biomasa de estos árboles. Comprender cómo se distribuye la biomasa entre las distintas especies es crucial para gestionar los bosques. Con el uso de esta información, los gestores pueden planificar el uso sostenible de los bosques, preservando la biodiversidad y reduciendo los efectos del cambio climático.

En un bosque de terraza baja, la gráfica 5 muestra la biomasa total (kg/ha) de las clases de diámetro (cm) de los árboles. La biomasa total de un área determinada es su cantidad total de materia viva. El diámetro de los árboles se denomina clase

diamétrica. Las clases de diámetro se muestran en el eje X del gráfico, que oscila entre 10 y 20 cm y 110 cm o más. La biomasa total se muestra en el eje Y en kilogramos por hectárea (kg/ha).

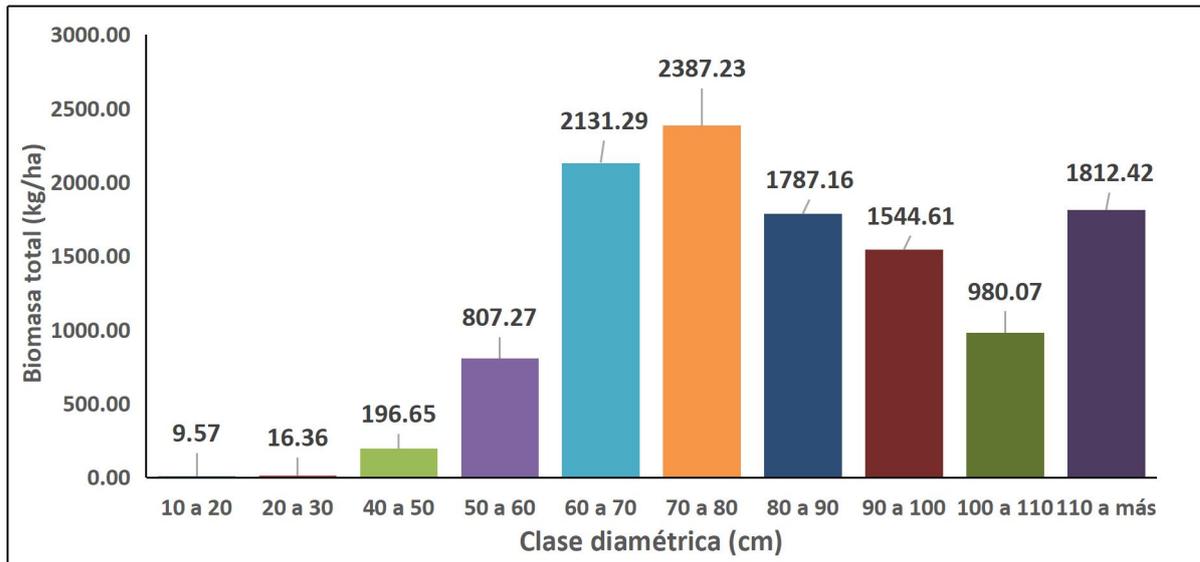


Gráfico 5. Biomasa por clase diamétrica

Es evidente que cuando crece el diámetro de los árboles, también lo hace la biomasa total. Con una biomasa total de 2387,23 kg/ha, los árboles con diámetros entre 70 y 80 cm son los que tienen la biomasa más alta. Los árboles con la biomasa total más baja, 9,57 kg/ha, son los que tienen diámetros entre 10 y 20 cm.

Según este gráfico, los árboles más grandes tienen mayor biomasa que los más pequeños. Los árboles más grandes tienen más hojas, ramas y tronco. La parte más grande y pesada de un árbol es su tronco, pero las ramas y las hojas también contribuyen a la biomasa total del árbol.

Tabla 3. Biomasa por clase diamétrica y especie

Especie	Biomasa por clase diamétrica (kg/ha)										Biomasa (kg/ha)	Biomasa (kg)
	10 A 20	20 A 30	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 A +		
<i>Maquira coriacea</i>	1,83	6,11	130,86	417,81	1508,59	1867,28	1457,97	1224,08	756,85	934,50	8305,89	3768880,70
<i>Calycophyllum spruceanum</i>			61,32	353,65	520,45	392,50	98,09	48,87	21,69	69,12	1565,68	710443,15
<i>Ceiba somauma</i>	1,65	1,00			40,44	39,88	56,66	90,62	76,62	399,05	705,92	320317,70
<i>Eschweilera bracteosa</i>		4,74		6,92		14,39	68,36	79,12	26,36	185,18	385,05	174720,86
<i>Hura crepitans</i>	1,25	1,64				6,67	48,12	12,31	28,16	105,64	203,79	92471,79
<i>Virola elongata</i>	2,32	1,26		5,41	34,39	16,60	30,97	25,73	16,79		133,47	60563,08
<i>Vochysia vismiifo/ia</i>	1,36		4,47	23,47	7,91	11,09		28,14	34,02	20,82	131,28	59571,78
<i>Ceiba pentandra</i>						8,45	10,30	13,96		98,12	130,83	59366,53
<i>Parkia multijuga</i>	1,14	1,61				22,79	16,69				42,23	19160,12
<i>Pouteria hispida</i>					10,29				21,79		32,08	14554,83
<i>Nectandra paucinervia</i>					9,23				19,59		28,81	13073,41
<i>Simarouba amara</i>						7,59					7,59	3445,41
Total	9,57	16,36	196,65	807,27	2131,29	2387,23	1787,16	1544,61	980,07	1812,42	11672,62	5296569,36
Total general	4341,08	7421,77	89232,37	366305,12	967096,31	1083231,70	810940,59	700883,28	444714,78	822402,36		5296569,36

4.4. Carbono almacenado

La tabla 4 exhibe la medida del contenido de carbono almacenado en la biomasa vegetal aérea, tanto para especies individuales como para el conjunto de todas las especies. Está organizada según la clase diamétrica de los árboles, dividiéndolos en intervalos de 10 cm, en el contexto de un bosque ubicado en una terraza baja.

La retención de carbono exhibe variaciones según la especie y la categoría diamétrica. Ejemplares como *Maquira coriacea* destacan al almacenar considerablemente más carbono que sus contrapartes, superando los 4150 kg/ha. En contraste, especies como *Nectandra paucinervia* (0,014 t/ha; 6,54 tC) y *Simarouba amara* (0,004 tC/ha; 1,72 tC) presentan reservas notablemente menores en todas las categorías diamétricas.

Los árboles de diámetro más amplio presentan una capacidad de retención de carbono superior: En el contexto de cada especie, se observa que el almacenamiento de carbono tiende a incrementarse conforme aumenta la clase diamétrica. Tomando a *Maquira coriacea* como ejemplo, la clase más reducida almacena tan solo 0,001 kg/ha, en contraste, la clase de 70 a 80 cm exhibe una mayor retención (0,934 kg/ha).

La última fila (Total) refleja la acumulación completa de carbono proveniente de la combinación de todas las especies dentro de cada clase diamétrica (5,836 tC/ha). La clase de 70 a 80 cm almacena aproximadamente dos toneladas de carbono por hectárea, mientras que la más pequeña retiene solo 0,005 toneladas. La celda (Total general) en la esquina inferior derecha presenta la retención total de

carbono abarcando todas las especies y categorías diamétricas, ascendiendo a 2648,26 toneladas.

La retención de carbono implica la captura y depósito de dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la atmósfera. El CO₂, un gas de efecto invernadero, es un contribuyente al calentamiento global. La retención de carbono desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático al disminuir la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Durante la fotosíntesis, las plantas absorben el CO₂ de la atmósfera. El carbono resultante se almacena en diversos componentes de la biomasa vegetal, abarcando hojas, tallos, raíces y madera. El almacenamiento de carbono se revela como una pieza esencial en la respuesta al cambio climático, con la capacidad de reducir las emisiones de CO₂ y atenuar los impactos del calentamiento global. Además, constituye una herramienta vital para contrarrestar el cambio climático en su conjunto. Al comprender la relevancia del almacenamiento de carbono y las múltiples formas de llevarlo a cabo, estamos facultados para emprender acciones concretas en la protección de nuestro planeta.

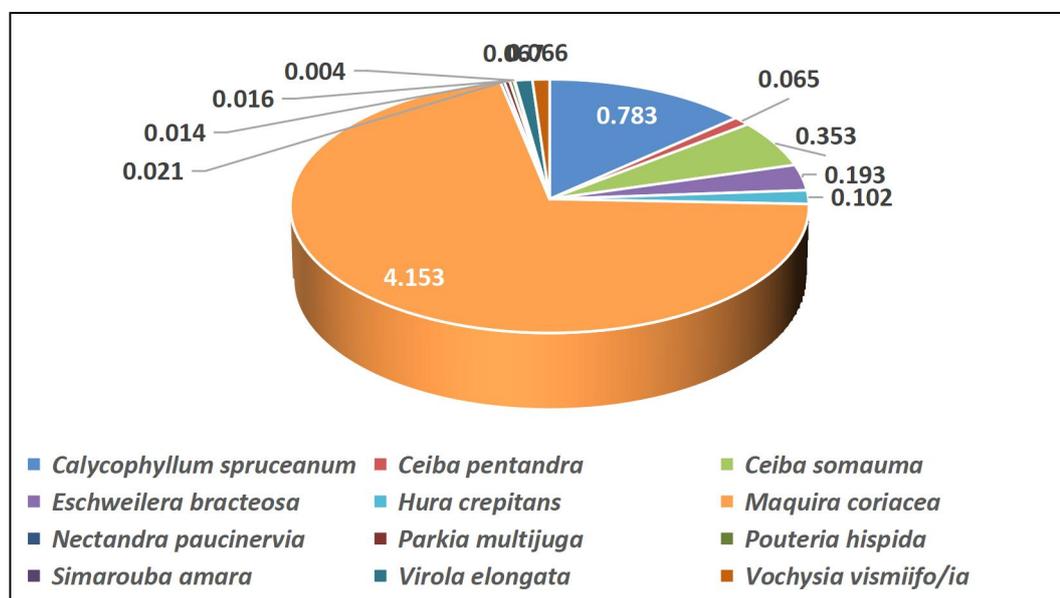


Gráfico 6. Almacenamiento de carbono por especie

El gráfico 6 ilustra la retención de carbono por especie en un bosque de terraza baja. Entre aquellas que exhiben la mayor capacidad de almacenamiento de carbono, *Maquira coriaceae* lidera con 4,153 tC/ha, seguida por *Calycophyllum spruceanum* (0,783 tC/ha) y *Ceiba samauma* (0,353 tC/ha). Estas especies, caracterizadas por árboles de gran envergadura, troncos robustos y ramas densas, destacan por su elevado contenido de lignina, una sustancia que contribuye al almacenamiento de carbono. En contraposición, las especies con la retención de carbono más baja son *Pouteria hispida*, *Nectandra paucinervia* y *Simarouba amara*, con 0,016 tC/ha, 0,014 tC/ha y 0,004 tC/ha respectivamente.

Los hallazgos de la investigación indican que las especies de árboles de gran envergadura, caracterizadas por un significativo contenido de lignina, son especialmente eficaces en el almacenamiento de carbono. Esta conclusión reviste importancia para el clima, considerando que el carbono es un gas de efecto invernadero que contribuye al fenómeno del calentamiento global.

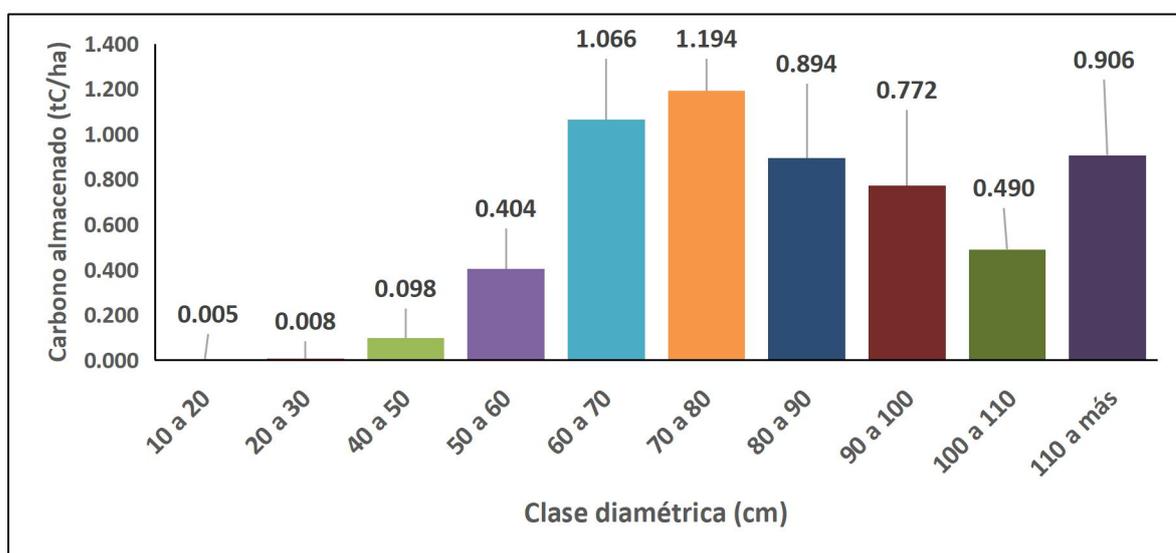


Gráfico 7. Distribución del carbono almacenado por especie

El gráfico 7 representa la retención de carbono clasificada por clase diamétrica y especie. Las clases diamétricas están delineadas según el diámetro del tronco, abarcando desde 10 a 20 centímetros hasta 110 centímetros o más.

En líneas generales, se observa un incremento en el almacenamiento de carbono conforme crece el diámetro del tronco. Esto se atribuye a que los árboles de mayor tamaño poseen una biomasa más extensa, lo que implica una mayor cantidad de material orgánico apto para retener carbono. No obstante, existen excepciones a esta tendencia. La especie *Maquira coriaceae* exhibe un notable almacenamiento de carbono incluso en las clases diamétricas más pequeñas. Este fenómeno se atribuye al elevado contenido de lignina en dicha especie, una sustancia que facilita la retención de carbono.

Se evidencian disparidades significativas en el almacenamiento de carbono entre las diversas especies. Aquellas con la retención más elevada incluyen *Calycophyllum spruceanum*, *Ceiba pentandra* y *Ceiba somauma*, todas caracterizadas por árboles de gran tamaño, troncos robustos y ramas densas, y un marcado contenido de lignina. Por otro lado, las especies con la menor retención de carbono son *Eschweilera bracteosa*, *Hura crepitans* y *Maquira coriacea*. Estas últimas son árboles más pequeños, con troncos más delgados, ramas menos densas y un menor contenido de lignina.

Los resultados de la investigación indican que las especies de árboles de gran tamaño, caracterizadas por un contenido significativo de lignina, son especialmente eficientes en el almacenamiento de carbono. Este hallazgo es de relevancia crucial para el clima, ya que el carbono es un gas de efecto invernadero que contribuye al fenómeno del calentamiento global.

Tabla 4. Carbono almacenado por clase diamétrica y especie

Especie	Carbono almacenado por clase diamétrica (t/ha)										Carbono almacenado (tC/ha)	Carbono almacenado (tC)
	10 A 20	20 A 30	40 A 50	50 A 60	60 A 70	70 A 80	80 A 90	90 A 100	100 A 110	110 A +		
<i>Maquira coriacea</i>	0,001	0,003	0,065	0,209	0,754	0,934	0,729	0,612	0,378	0,467	4,153	1884,44
<i>Calycophyllum spruceanum</i>			0,031	0,177	0,260	0,196	0,049	0,024	0,011	0,035	0,783	355,22
<i>Ceiba samauma</i>	0,001	0,000			0,020	0,020	0,028	0,045	0,038	0,200	0,353	160,16
<i>Eschweilera bracteosa</i>		0,002		0,003		0,007	0,034	0,040	0,013	0,093	0,193	87,36
<i>Hura crepitans</i>	0,001	0,001				0,003	0,024	0,006	0,014	0,053	0,102	46,24
<i>Virola elongata</i>	0,001	0,001		0,003	0,017	0,008	0,015	0,013	0,008		0,067	30,28
<i>Vochysia vismiifolia</i>	0,001		0,002	0,012	0,004	0,006		0,014	0,017	0,010	0,066	29,79
<i>Ceiba pentandra</i>						0,004	0,005	0,007		0,049	0,065	29,68
<i>Parkia multijuga</i>	0,001	0,001					0,011	0,008			0,021	9,58
<i>Pouteria hispida</i>					0,005			0,011			0,016	7,28
<i>Nectandra paucinervia</i>					0,005				0,010		0,014	6,54
<i>Simarouba amara</i>						0,004					0,004	1,72
Total	0,005	0,008	0,098	0,404	1,066	1,194	0,894	0,772	0,490	0,906	5,836	2648,26
Total general	2,17	3,71	44,62	183,15	483,55	541,62	405,47	350,44	222,36	411,20		2648,28

4.5. Prueba de hipótesis

4.5.1. Prueba de normalidad

La Tabla 5 detalla los resultados obtenidos al someter los datos de almacenamiento de carbono a la prueba de normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov.

El valor de 0,170 representa la distancia máxima entre la Función de Distribución Acumulativa Empírica (ECDF) de los datos observados y la función de distribución acumulativa teórica de una distribución normal, según la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Este valor actúa como un indicador de la adecuación de los datos a una distribución normal. En este contexto, cuanto menor sea el valor, mayor será la concordancia de los datos con la normalidad.

El valor 1023 en este contexto representa los grados de libertad asociados con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y está determinado por el tamaño de la muestra. Los grados de libertad indican la cantidad de valores en la muestra que son libres de variar durante el análisis estadístico. En este caso, el número de grados de libertad se calcula en función del tamaño específico de la muestra utilizada en la prueba.

El valor de 0,000 representa el *p-valor* asociado con la prueba de normalidad. En este contexto, un *p-valor* muy pequeño (en este caso, cero) sugiere generalmente que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. En otras palabras, los datos no siguen una distribución normal. Un *p-valor* bajo indica que los datos divergen significativamente de una distribución normal.

En resumen, los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indican que los datos de carbono almacenado no se ajustan a una distribución normal, ya que el

p-valor es muy pequeño. Esto sugiere que los datos siguen alguna forma de distribución no normal. Es crucial considerar enfoques estadísticos alternativos o realizar transformaciones en los datos si se planea llevar a cabo análisis paramétricos que presuponen la normalidad.

Tabla 5. Prueba de normalidad del carbono almacenado

Prueba de normalidad			
Carbono almacenado	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
	0,170	1023	0,000

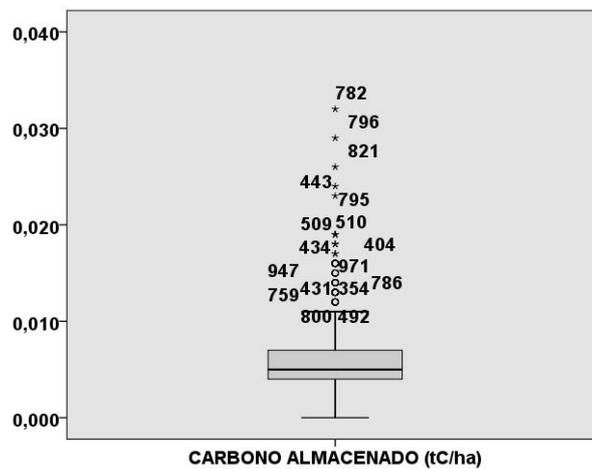


Gráfico 8. Caja de bigotes de carbono almacenado en los árboles

La Gráfica 8 exhibe la cantidad de carbono almacenado en los árboles en relación con el diámetro de los mismos. En el eje X se representa el diámetro del árbol en centímetros, mientras que en el eje Y se presenta la cantidad de carbono almacenado en toneladas por hectárea.

Se observa un aumento en la cantidad de carbono almacenado en los árboles a medida que aumenta el diámetro de los mismos. Esta tendencia se atribuye al hecho de que los árboles más grandes poseen una mayor biomasa, que constituye la materia viva de un árbol. Dado que la biomasa de un árbol está

compuesta principalmente de carbono, los árboles de mayor tamaño tienen la capacidad de almacenar más carbono.

Esta gráfica adquiere relevancia al demostrar que los árboles representan una fuente significativa de almacenamiento de carbono. Los árboles retienen carbono en diversas partes, como troncos, ramas, hojas y raíces. Este carbono almacenado contribuye a mitigar el cambio climático al absorber dióxido de carbono de la atmósfera, desempeñando así un papel crucial en el equilibrio ambiental.

La línea media en la gráfica representa el valor mediano de los datos, el cual es el valor que se encuentra en el centro de los datos cuando se ordenan de menor a mayor. La línea media actúa como una medida de tendencia central, proporcionando información sobre el valor más frecuente en los datos. En este contexto, la línea media indica que el valor más común de carbono almacenado en los árboles es de 0,067 tC/ha.

La observación de que la mediana no divide en dos partes iguales la caja de bigotes, junto con la presencia de valores extremos y atípicos, indica claramente que el valor de carbono almacenado no sigue una distribución normal. Estas características sugieren una distribución asimétrica o sesgada, lo que refuerza la necesidad de considerar enfoques estadísticos alternativos y precauciones adicionales al realizar análisis que presupongan normalidad en los datos.

4.5.2. Prueba de hipótesis

La tabla 6 proporciona información acerca del carbono almacenado en distintas especies de árboles. La columna "Rango promedio" refleja la cantidad promedio de carbono almacenado por árbol para cada especie. *Eschweilera bracteosa*

lidera con el valor más alto, registrando 43,70 tC/ha, mientras que *Simarouba amara* presenta el menor promedio de carbono almacenado, con 2,00 tC/ha. Se observa una variación sustancial en el rango promedio del carbono almacenado por especie. La suma total de árboles muestreados es 50. Estos resultados resaltan las notables diferencias entre las especies de árboles en cuanto a la cantidad promedio de carbono almacenado.

En resumen, esta tabla ofrece información cuantitativa sobre el carbono almacenado en diversas especies de árboles, proporcionando así datos valiosos para la gestión forestal y una comprensión más profunda de la contribución individual de cada especie a la captura de carbono. Estos datos son fundamentales para tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias efectivas de conservación y mitigación del cambio climático.

Tabla 6. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de carbono almacenado

Rangos				
	Especies	N	Rango promedio	
Carbono almacenado	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	5	15,90	
	<i>Ceiba pentandra</i>	5	33,10	
	<i>Ceiba somauma</i>	5	24,10	
	<i>Eschweilera bracteosa</i>	5	43,70	
	<i>Hura crepitans</i>	5	31,90	
	<i>Maquira coriacea</i>	5	19,00	
	<i>Nectandra paucinervia</i>	2	33,25	
	<i>Parkia multijuga</i>	5	19,90	
	<i>Pouteria hispida</i>	2	34,25	
	<i>Simarouba amara</i>	1	2,00	
	<i>Virola elongata</i>	5	15,90	
	<i>Vochysia vismiifolia</i>	5	24,10	
	Total		50	

Estadísticos de contraste^{a,b}

Carbono almacenado	
Chi-cuadrado	20,399
gl	11
Sig. asintótica	,040

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Especies

La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica que se utiliza para determinar si hay diferencias significativas entre tres o más grupos independientes en una variable ordinal o continua. Aquí están los resultados:

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis indican que el valor del chi-cuadrado es 20,399 con 11 grados de libertad, lo que señala que se están comparando más de dos grupos. La significancia asintótica (Sig. asintótica) es 0,040. Dado que el valor de Sig. asintótica es inferior al nivel de significancia convencional de 0,05, se dispone de evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula que sostiene que no hay diferencias significativas entre los grupos.

La significancia asintótica de 0,040 sugiere que existe una probabilidad del 4% de observar estos resultados por pura casualidad, asumiendo que no hay diferencias reales entre los grupos. En resumen, la prueba de Kruskal-Wallis se ha empleado para evaluar si existen diferencias significativas en el carbono almacenado entre distintas especies, y los resultados respaldan la presencia de tales diferencias.

En resumen, los resultados indican que hay una diferencia significativa en el carbono almacenado entre al menos dos de las especies evaluadas. La prueba de Kruskal-Wallis, aunque confirma la presencia de diferencias, no proporciona información específica sobre qué grupos son diferentes entre sí, solo establece que al menos uno de los grupos difiere significativamente de los demás. En consecuencia, podría ser necesario realizar pruebas adicionales, como

comparaciones post hoc, para identificar con precisión qué grupos presentan divergencias en el almacenamiento de carbono.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Composición florística del área de estudio

La Tabla 1 presenta diversas especies de árboles que pertenecen a distintas familias, lo que sugiere una notable diversidad en la composición florística del bosque de terraza baja. La cantidad de árboles de cada especie varía de manera significativa. *Maquira coriacea* (Capinuri) destaca como la especie más abundante con 681 árboles, mientras que *Simarouba amara* (Marupa) se encuentra representada únicamente por un árbol. Además, la presencia de múltiples familias botánicas en la tabla indica una mezcla heterogénea de especies en el bosque. Se observa que algunas especies aparecen en la muestra en menor frecuencia, como *Simarouba amara* (Marupa), *Nectandra paucinervia* (Moena) y *Pouteria hispida* (Quinilla). Los estudios realizados por diversos investigadores proporcionan una visión detallada de la diversidad y composición de especies en el bosque de terraza baja: Reátegui (2022, p. 19) identificó 18 especies forestales comerciales, pertenecientes a 11 familias botánicas, con un total de 616 árboles. Destaca que la familia Fabacea presenta la mayor cantidad de especies, con cuatro en total. Acuña (2022, p. 20) llevó a cabo un estudio que contabilizó 703 árboles, incluyendo seis especies forestales comerciales y seis grupos botánicos. Flores (2021, p. 15) reportó en su investigación un total de 1045 árboles, distribuidos en 11 grupos botánicos y 14 especies forestales comerciales. Escobar (2018, p. 26) presentó un trabajo de investigación que registró 545 árboles,

clasificados en siete especies, siete géneros y 6 familias botánicas. Se destaca la familia Rubiaceae, que incluye dos géneros y dos especies. Urrelo (2018, p.17) llevó a cabo una investigación que registró 216 árboles, los cuales fueron categorizados en 11 familias botánicas y 21 especies forestales comerciales. Paredes (2018, p. 21) informa resultados que indican el registro de 44 especies, distribuidas en 40 géneros y 20 familias botánicas. Estas investigaciones aportan valiosa información sobre la riqueza botánica y la abundancia de árboles en el bosque de terraza baja, destacando la diversidad tanto a nivel de especies como de familias botánicas. La discrepancia observada al contrastar estos resultados podría estar relacionada con diversos factores ambientales que impactan directamente en la vegetación de una región. Entre estos factores se incluyen el clima, que abarca aspectos como temperatura y precipitación, los cuales afectan las plantas que prosperan en la zona. La composición química y física del suelo desempeña un papel crucial, ya que influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Además, la topografía, con elementos como altitud y pendiente, puede influir en la cantidad de luz solar y la retención de agua en el área.

Los disturbios naturales, como incendios e inundaciones, también pueden alterar la composición de la vegetación. Las interacciones bióticas, como la competencia y la depredación, desempeñan un papel en la distribución de especies. Las actividades humanas, como la deforestación, también pueden tener un impacto significativo en la vegetación de la región. Además, la capacidad de las plantas para dispersar semillas y colonizar nuevas áreas también es un factor importante a considerar en la variabilidad de la composición botánica en el bosque de terraza baja.

La información acerca de la cantidad de árboles de cada especie puede ser fundamental para comprender la importancia ecológica y la dominancia de ciertas especies en el ecosistema del bosque de terraza baja. La tabla refleja la riqueza y diversidad de este bosque en términos de composición florística, destacando la abundancia de algunas especies y la rareza de otras. Estos datos resultan de gran utilidad para ecologistas, biólogos de la conservación y otros profesionales interesados en analizar la estructura y la diversidad de los bosques. Además, proporcionan información valiosa para la toma de decisiones en la gestión y conservación de estos ecosistemas, contribuyendo así a un enfoque más informado y sostenible hacia la preservación de la biodiversidad.

Evaluar la composición florística de un bosque es esencial, ya que constituye un indicador clave de su biodiversidad. La presencia de diversas especies en un ecosistema boscoso refleja un mayor grado de diversidad biológica. La biodiversidad, a su vez, desempeña un papel crucial en la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Cada especie de planta posee requisitos de hábitat distintos, y la identificación de estas especies en un bosque puede ofrecer información valiosa sobre la variabilidad del hábitat presente en el área. Este conocimiento contribuye a la identificación de áreas que pueden requerir atención especial para su conservación. Además, la composición florística impacta en los ciclos biogeoquímicos, como el ciclo de nutrientes. Diferentes especies desempeñan roles únicos en la absorción y liberación de nutrientes, lo que afecta directamente la salud y el equilibrio del ecosistema. En resumen, la evaluación de la composición florística no solo proporciona información sobre la diversidad, sino

que también es esencial para comprender la dinámica y la funcionalidad del bosque.

La presencia de múltiples especies en un ecosistema forestal no solo contribuye a su biodiversidad, sino que también mejora la estabilidad del ecosistema frente a perturbaciones, como plagas, enfermedades o eventos climáticos extremos. La diversidad biológica reduce el riesgo de que una sola especie dominante sea afectada negativamente, ya que otras especies pueden mantener la función y la estructura del ecosistema en caso de que alguna sufra un impacto adverso.

En resumen, la evaluación de la composición florística de un bosque es esencial para comprender, conservar y gestionar de manera efectiva estos valiosos ecosistemas. Este conocimiento no solo es relevante para la conservación de la biodiversidad, sino que también desempeña un papel crucial en la respuesta a los desafíos ambientales y la promoción de prácticas sostenibles que garanticen la salud y la resiliencia a largo plazo de los bosques.

5.2. Almacenamiento de carbono

La Tabla 4 presenta datos detallados sobre el almacenamiento de carbono, desglosado por clase diamétrica y especie de árboles. Tomemos como ejemplo la especie *Maquira coriacea*: en la clase diamétrica de 10 cm, el carbono almacenado es de 0,001 tC/ha, mientras que en la clase de 20 cm es de 0,003 tC/ha. El total acumulado para esta especie alcanza 1884,44 tC.

Esta tabla proporciona una visión exhaustiva del almacenamiento de carbono en el bosque, permitiendo comparaciones tanto entre especies como dentro de las diferentes clases diamétricas. Estos datos detallados son valiosos para

comprender la distribución y la contribución relativa de diversas especies y tamaños de árboles al almacenamiento total de carbono en el ecosistema.

Especies como *Maquira coriacea* y *Calycophyllum spruceanum* desempeñan un papel destacado al contribuir significativamente al total general de carbono almacenado, sumando en conjunto 2239,66 tC, lo que representa el 84,57% del total. Los valores indicados en la tabla, específicamente para "total" (5,84 tC/ha) y "total general" (2648,28 tC), reflejan la suma completa del carbono almacenado en todas las clases diamétricas y especies consideradas en el área de estudio. Es esencial tener en cuenta que estos números representan la cantidad acumulativa de carbono almacenado, considerando las diversas especies presentes en el bosque y sus respectivas clases diamétricas. Esta información resalta la importancia relativa de ciertas especies en la contribución total al almacenamiento de carbono en el ecosistema analizado. La información proporcionada por diversos autores sobre la reserva de carbono en especies específicas en el bosque de terraza baja presenta ciertas variaciones: Según Reategui (2022, p.), *Ceiba pentandra* lidera en reserva de carbono con 0,70 tC/ha, acumulando un total de 2877,51 tC. Le siguen *Parkia multijuga* (0,44 tC/ha), *Otoba glydicarpa* (0,41 tC/ha), y *Cedrelinga cateniformis* (0,39 tC/ha). En contraste, Acuña (2022, p. 25) destaca a *Maquira coriacea* como la especie con mayor reserva de carbono, con 2,30 tC/ha, seguida por *Eschweilera coriacea* (0,13 tC/ha) y *Vochysia vismiifolia* (0,07 tC/ha).

Por otro lado, Flores (2021, p. 21) presenta resultados que indican un total de 10,279 tC/ha, donde *Maquira coriacea* muestra el valor más alto con 7,62 tC/ha, seguida por *Calycophyllum spruceanum* con 1,38 tC/ha. Además, se destaca que

las mayores concentraciones por clase diamétrica se encuentran en la clase de 60 cm a 69 cm (2,45 tC/ha), de 70 cm a 79 cm (2,30 tC/ha), y de 50 cm a 59 cm (2,14 tC/ha). Escobar (2018, p. 39) destaca una reserva total de carbono de 2781,62 tC, donde *Maquira coriacea* lidera con 2083,31 tC, seguida por *Calycophyllum spruceanum* con 650 tC, mientras que otras cinco especies suman un total de 650 tC. Machoa (2019, p. 23) indica que las especies con mayor carbono almacenado son *Cariniana decandra* (307,06 tC/ha), *Cariniana pyriformis* (233,91 tC/ha), *Cedrelinga cateniformis* (177,60 tC/ha), *Terminalia oblonga* (164,62 tC/ha) y *Virola divergens* (95,83 tC/ha). Urrelo (2018, p. 21) asevera que *Calophyllum brasiliense* "lagarto caspi" lidera con 13,56 tC, seguido por *Calycophyllum spruceanum* "capirona" con 10,63 tC, *Eschweilera* sp "machimango" con 9,74 tC, y *Manilkara bidentata* "quinilla" con 8,67 tC. Según Paredes (2018, p. 38), las especies comerciales contenían un total de 10,47 toneladas de carbono. Dentro de estas especies, *Virola* registró el mayor valor con 1,69 toneladas de carbono, seguida de *Eschweilera albiflora* con 1,32 toneladas de carbono y *Pouteria hispida* con 1,01 toneladas de carbono. Estas discrepancias pueden atribuirse a las diferentes metodologías utilizadas, áreas de estudio específicas, o a las variaciones naturales en la distribución del carbono entre las especies. Es esencial considerar estas diferencias al interpretar y comparar los resultados. La diferencia que ocurre cuando se compara con otros estudios, se podría afirmar que se podría deber a factores como: el clima y la precipitación, suelo, especies arbóreas dominantes, topografía, perturbación, diversidad de especies, cambio climático, entre otros. Estos factores interactúan de manera compleja, creando variaciones en la cantidad de carbono almacenado

entre distintas zonas. La comprensión de estos elementos es fundamental para la gestión sostenible de los bosques y la mitigación del cambio climático.

Estos factores interactúan de manera compleja y contextual, lo que explica las variaciones en los resultados entre estudios. La comprensión detallada de estos elementos es esencial para una gestión forestal sostenible y eficaz, así como para abordar el cambio climático a través de estrategias de mitigación.

La evaluación del carbono almacenado en los árboles es fundamental por diversas razones. En primer lugar, el carbono almacenado en los bosques desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático, ya que los árboles funcionan como sumideros de carbono, contribuyendo a reducir las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Este proceso es esencial para contrarrestar el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Adicionalmente, la medición del carbono almacenado proporciona información valiosa sobre la salud y la productividad de los ecosistemas forestales. Sirve como indicador clave de la capacidad de estos bosques para secuestrar y retener carbono, lo cual es esencial para comprender su contribución al equilibrio climático global y la conservación de la biodiversidad. Este conocimiento es esencial para la implementación de prácticas de manejo forestal sostenible, ya que permite tomar decisiones informadas sobre cómo conservar y utilizar los recursos forestales de manera que maximice los beneficios climáticos y ecológicos.

Asimismo, la evaluación del carbono almacenado es fundamental para el desarrollo de estrategias de mitigación. La información precisa sobre la cantidad de carbono almacenado en los bosques ayuda a diseñar políticas y prácticas de

gestión forestal que contribuyan de manera efectiva a la mitigación del cambio climático.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

1. Se registró un total de 1023 árboles, once familias botánicas y doce especies forestales comerciales. La familia Malvaceae cuenta con dos especies distintas: *Ceiba somauma* y *Ceiba pentandra*. La especie con la mayor cantidad de árboles es *Maquira coriacea* (681 árboles), seguida de *Calycophyllum spruceanum* (189 árboles).
2. Un total de 11672,62 kg muestra la biomasa seca por ha. La biomasa de *Maquira coriacea* es mayor (8305,89 kg/ha) que la de *Calycophyllum spruceanum* (1565,68 kg/ha).

3. Hay 5,836 tC de carbono almacenado por ha. Las reservas de carbono más altas fueron *Calycophyllum spruceanum* (0,78 tC/ha) y *Maquira coriacea* (4,15 tC/ha).
4. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis muestran que hay una variación en el promedio de carbono almacenado por especie. Hay pruebas suficientes para rechazar la hipótesis nula y confirmar que no hay diferencias significativas entre los grupos de especies, ya que el valor de chi-cuadrado es 20,399 y la significancia asintótica es 0,040 es menor que el nivel de significancia de 0,05.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Manejar el bosque de terraza baja con las especies *Maquira coriacea* y *Calycophyllum spruceanum* para obtener las reservas de carbono más altas.
2. Emplear un modelo alométrico para calcular la altura total de los árboles puede resultar en una mejora significativa en la precisión de las estimaciones del carbono almacenado en este bosque.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

Acosta, J. J. y Tupaz, F. (2007). *Cuantificación de la captura de carbono por la biomasa aérea de aliso (Alnus jorullensis H.B.K.) en dos arreglos agroforestales de la granja experimental Botana*. [Tesis de Ingeniero, Universidad de Nariño]. <https://docplayer.es/85509959-Cuantificacion-de-la-captura-de-carbono-por-la-biomasa-aerea-de-aliso.html>

Acuña, N. Y. (2022). Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO₂ en un bosque de terraza baja del distrito del Napo, Loreto. 2022. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/8645>

- Cancino, J. (2006). *Dendrometría básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de manejo de bosques y medio ambiente*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/407>
- Cortés, B. G., Ángeles, G., De los Santos, H. M., Ramírez, H. (2019). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa en especies de encino en Guanajuato, México. *Madera y Bosques* Vol. 25, N° 2: 1-16.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-04712019000200203&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Clemente, E. R. (2022). Carbono almacenado en la biomasa aérea y su valoración económica en los sistemas agroforestales de la EEA San Bernardo, Madre de Dios – Perú. *Revista Forestal del Perú*, 37 (1): 54 – 68.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/2052>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Péliissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G. and Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology* 20: 3177-3190, doi: 10.1111/gcb.12629
- Díaz, N. (2020). *Estimación de la fijación de carbono en un bosque de transición en la microcuenca Arroyohondo*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Autónoma de Occidente].
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12376/T09232.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Díaz, G. E. (2022). *Estudio comparativo de almacenamiento de carbono en dos sistemas agroforestales de Coffea arabica L., distrito de Yorongos*. [Tesis de Ingeniero. Universidad Católica Sedes Sapientiae].
<https://hdl.handle.net/20.500.14095/1609>

- Escobar, O. (2019). *Valoración económica del secuestro de CO₂ en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5758>
- 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 Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4166>
- Flores, J. J. (2021). *Biomasa y carbono almacenado en las especies comerciales de un bosque de terraza baja del distrito de Mazán, Loreto. 2021.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7875>
- Graciano, G., Alanís, E., Aguirre, O. A., González, M. A., Treviño, E. J., Mora, A., (2019). Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono en un bosque de clima templado-frío de Durango, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 42 (2): 119 – 127. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802019000200119&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- José, S. M., Andrade, H, J., Germán, M., Rosenberger, L. J., Sasal, M. C., Ledesma, S. G., Gabioud, E. A. (2021). Reducción de emisiones de carbono por deforestación evitada en bosques del Espinal (Entre Ríos, Argentina). *Colombia Forestal.* Vol. 24 N° 2: 39-51
- Machoa, R. M. (2019). *Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de un bosque de terraza baja de la comunidad nativa Campo Verde, distrito del Pastaza, Loreto, Perú.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7398>

- Moreno, J. M. (2015). *Estructura horizontal y valoración económica de las especies de madera comercial en cuatro tipos de bosque, distrito de Torres Causana, Loreto, Perú-2015*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4474>
- Paredes, W. J. (2018). *Estructura y stock de carbono de la biomasa aérea de un bosque de terraza baja y colina baja de la cuenca del río Mazán, Loreto Perú. 2018*. [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6589>
- PROFONANPE. (2007). *Inventarios Forestales, Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona*.
- 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].
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/1639>
- Rae y Asale. (2010). *Ortografía*. Espasa. 864 p.
<https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
ISBN: 9788467034264
- Razo, R., Gordillo, A. J., Rodríguez, R., Maycotte, C. C., Acevedo, O. A. (2013). Estimación de biomasa y carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México. *Madera y Bosques* 19(2) :73-86.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-04712013000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Retama, L., Méndez, A. L., Sánchez, H., Montero, W., Barquero, A. I., Hernández, H. S. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora "El Rodeo", Costa Rica. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 7(3): 341-353.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-34692019000300341&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Réategui, M. Del R. (2022). *Valoración económica del servicio de secuestro de CO₂ de las especies comerciales en un bosque de terraza baja de la comunidad nativa Nueva Alegría distrito de Morona, Loreto. 2022.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<https://hdl.handle.net/20.500.12737/8894>
- Rosas, A. y Zúñiga, J. (2010). *Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal. Colegio de bachilleres.* <https://docplayer.es/2779396-Estadistica-descriptiva-e-inferencial-i.html>
- Rodríguez, V. M. (2013). *Estimación dasométrica de carbono almacenado en un bosque de Abies religiosa (h.b.k.) schl. et cham. del paraje El Cedral del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.* [Tesis de Bióloga. Universidad Nacional Autónoma de México].
https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000701112
- Urrelo, R. de J. (2018). *Stock de carbono de la biomasa aérea de las especies comerciales de un bosque de terraza baja inundable de la comunidad nativa Uranias, Loreto, Perú, 2016.* [Tesis de Ingeniero, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5519>
- Velasques, J. V. (2019). *Captura y almacenamiento de carbono relacionado con la totora "Schoenoplectus californicus" del área de conservación regional Albufera de Medio Mundo-Végueta 2017.* [Tesis de Maestro, Universidad

Nacional José Faustino Sánchez Carrión].

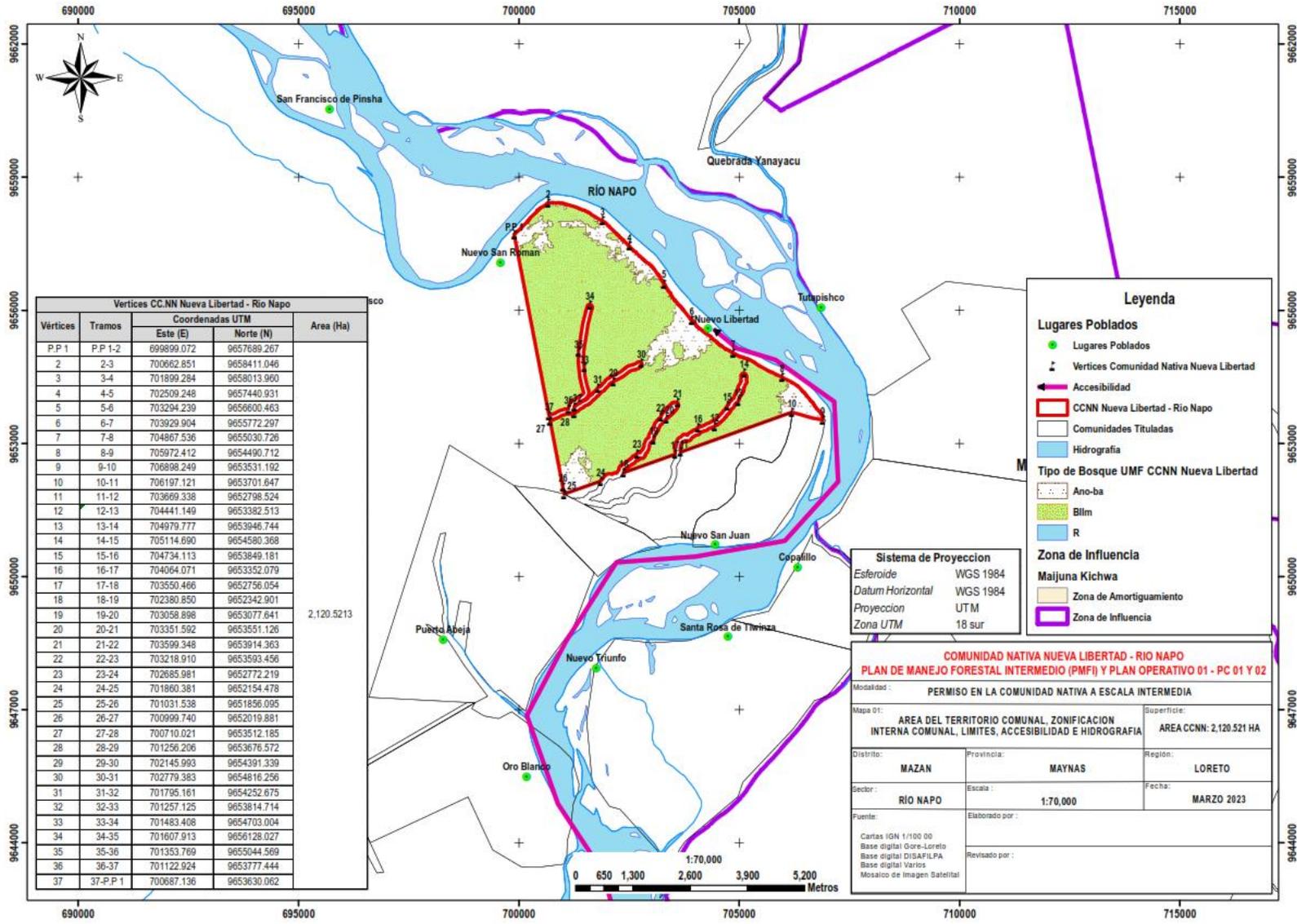
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3622>

Wabo, E. (1999). *Estructura y densidad. Curso de dasometría. 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>.

ANEXO



Anexo 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Anexo 2. Identificación botánica de las especies forestales comerciales



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 003-2024 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRNA), de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

HACE CONSTAR:

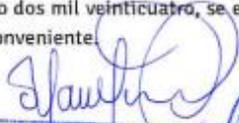
Que, las muestras botánicas presentada por **LINDA MAELA CARDENAS AMASIFUEN**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado "**CARBONO ALMACENADO EN LAS ESPECIES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA DE LA COMUNIDAD NATIVA NUEVA LIBERTAD, DISTRITO DEL NAPO, LORETO. 2023**"; han sido **DETERMINADAS** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	NOMBRE COMÚN
1	MORACEAE	<i>Maquira coriacea</i>	(H. Karst.) C.C. Berg	"capinuri"
2	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	(Benth.) Hook. f. ex K. Schum.	"capirona"
3	EUPHORBIACEAE	<i>Hura crepitans</i>	L.	"catahua"
4	FABACEAE	<i>Copaifera multijuga</i>	Hayne	"copalba"
5	MYRISTICACEAE	<i>Virola elongata</i>	(Benth.) Warb.	"cumala"
6	MALVACEAE	<i>Ceiba samauma</i>	(Mart.) K. Schum.	"huimba"
7	MALVACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	(L.) Gaertn.	"lupuna"
8	LECYTHIDACEAE	<i>Eschweilera bracteosa</i>	(Poepp. ex O. Berg) Miers	"machimango"
9	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i>	Aubl.	"marupa"
10	LAURACEAE	<i>Nectandra paucineria</i>	Coe-Telix.	"moena"
11	FABACEAE	<i>Parkia multijuga</i>	Benth.	"pashaco"
12	VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia vismifolia</i>	Spruce ex Warm.	"quillosa"
13	SAPOTACEAE	<i>Pouteria hispida</i>	Eyma	"quinilla"

Determinador: Ing. Dario Davila Paredes

A los quince días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,


Richard J. Huaranca Acostupa
Coordinador Herbarium Amazonense
CIRNA - UNAP

