



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA DE LAS ESPECIES
COMERCIALES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA, DISTRITO DE
REQUENA, LORETO. 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

DHAYNA ANAYKA DIAZ VELA

ASESORA

ING. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, DRA.

CO ASESOR

ING. RONALD BURGA ALVARADO, DR.

Iquitos - Perú

2023

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre han creído en mí. Gracias por su amor, por sus sacrificios y por enseñarme a nunca rendirme ante los obstáculos de la vida

AGRADECIMIENTO

Gracias a la Universidad Científica del Perú por darme la oportunidad de contribuir significativamente a esta universidad.

A los profesores que, con su perspicaz instrucción, me dieron los conocimientos que necesitaba para mantenerme firme en la vida al exponerme a esta gran profesión que estudié.

A todos los que me ayudaron de alguna manera a realizar mi trabajo de investigación.

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA DE LAS ESPECIES
COMERCIALES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA, DISTRITO DE
REQUENA, LORETO. 2021”**

De la alumna: **DHAYNA ANAYKA DIAZ VELA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **8% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 17 de enero del 2024.



Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores
Presidente del Comité de Ética – UCP

Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Dhayna Anayka Diaz Vela
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Resultados_UCP_IngenieriaAmbiental_2023_Tesis_DhaynaDi...
Nombre del archivo:	TESIS_DHAYNA_ANAYKA_DIAZ_VELA_LEVANTANDO_OBSRV_DE...
Tamaño del archivo:	529.05K
Total páginas:	31
Total de palabras:	7,649
Total de caracteres:	36,261
Fecha de entrega:	18-ene.-2024 08:31a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2273177028

RESUMEN

Se calculó la cantidad de carbono contenido en la biomasa del bosque de terraza baja en la zona de Loro en Requena. Se consideraron los datos del censo forestal de especies comerciales en la parcela de tal de las concesiones madereras (PCM) del plan operativo (PO). Se realizaron estimaciones indirectas de la biomasa seca utilizando la densidad básica y el volumen comercial. Se contaron un total 627 árboles, que representaban a cinco familias botánicas y once especies forestales comerciales. La biomasa total estimada fue de 7 499 856.35 kg (14 122.43 kg/ha), mientras que las reservas de carbono estimadas fueron de 8.47 tC/ha. *Mangia cotacasi* (7.91 tC/ha) tenía la mayor reserva de carbono, seguida de *Calycophyllum spruceanum* (0.39 tC/ha) y *Cedra pentadactyla* (0.18 tC/ha). Los almacenes de carbono más bajos se encontraron en *Nive zapizaco* e *Ayurbaera adijoca* (0.06 tC/ha y 0.04 tC/ha) respectivamente. Las clases mayores de 110 cm (1.31 tC/ha) presentaron las mayores reservas de carbono, seguidas de las clases entre 80 y 99 cm (1.48 tC/ha) y las clases entre 100 y 109 cm (1.41 tC/ha). Según la prueba Chi-cuadrado, el *p*-valor del comparador es inferior a (0.006) el nivel de significación de 0.05. Esto sugiere que, con un umbral de significación de $\alpha = 0.05$, se acepta la hipótesis alternativa de que existen diferencias entre las especies forestales en el bosque de terraza baja en términos de biomasa y carbono almacenado.

Palabras clave: Biomasa, carbono almacenado, terraza baja, distrito de Requena, Loro.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 1055-2022-UCP-FCEI del 10 de noviembre del 2022, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la tesis a los señores:

- | | |
|----------------------------------------------|------------|
| • Q.F. Frank Romel León Vargas, Dr. | Presidente |
| • Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, Mgr | Miembro |
| • Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, Mtro. | Miembro |

Como Asesora: Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila, Dra.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 7:00 pm del día **18 de marzo de 2024**, supervisado por la Secretaria Académica de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis **CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA DE LAS ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA, DISTRITO DE REQUENA, LORETO 2021**

Presentado por la sustentante: **DIAZ VELA DHAYNA ANAYKA**

Como requisito para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron:
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Que la sustentación es: **APROBADA**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Q.F. Frank Romel León Vargas, Dr.
Presidente



Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, Mgr.
Miembro



Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, Mtro.
Miembro

**HOJA DE APROBACIÓN
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESISTA: DIAZ VELA DHAYNA ANAYKA**

Tesis sustentada en acto publico el 18 de marzo de 2024, a las 7:00 pm , en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



**Q.F. FRANK ROMEL LEÓN VARGAS, DR.
PRESIDENTE DE JURADO**



**ING. GUSTAVO FERNANDO GAMARRA RAMÍREZ, MGR
.MIEMBRO DE JURADO**



**ING. GIORGIO SERGIO URRO RODRÍGUEZ, MTRO
MIEMBRO DE JURADO**



**ING. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, DRA
ASESORA**

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Portada	i
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Hoja de aprobación	vii
Índice de contenido	viii
Índice de tablas	xi
Índice de gráficos	xii
Resumen y palabras clave	xiii
Abstract	xiv
Capítulo I: Marco teórico	1
1.1. Antecedentes del estudio	1
1.2. Bases teóricas	3
1.3. Definición de términos básicos	5
Capítulo II: Planteamiento del problema	7
2.1. Descripción del problema	7
2.2. Formulación del problema	7
2.2.1. Problema general	7
2.2.2. Problemas específicos	8
2.3. Objetivos	8
2.3.1. Objetivo general	8
2.3.2. Objetivos específicos	8
2.4. Hipótesis	8
2.4.1. Hipótesis de la investigación	8
2.5. Variables	8
2.5.1. Identificación de las variables	8
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables	9
2.5.3. Operacionalización de las variables	9
Capítulo III: Metodología	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10

3.2. Población y muestra	10
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	11
3.3.1. Cuantificación de la biomasa aérea	11
- Cálculo del volumen maderable comercial	11
- Cálculo de la biomasa aérea	12
- Cálculo de la biomasa radicular	12
- Cálculo de la biomasa total	12
3.3.2. Cuantificación del carbono almacenado	12
3.3.3. Comparar los resultados de biomasa y carbono almacenado en las especies forestales comerciales	13
• Prueba de normalidad	13
• Prueba de hipótesis	13
3.4. Procesamiento y análisis de datos	13
Capítulo IV: Resultados	14
4.1. Composición florística	14
4.2. Volumen maderable comercial	15
4.3. Biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja	19
4.4. Carbono almacenado en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja	22
4.5. Comparar los resultados de biomasa y carbono almacenado en las especies forestales comerciales	25
4.5.1. Prueba de normalidad	25
4.5.2. Prueba de hipótesis	26
Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones	27
5.1. Discusión	27
5.1.1. Composición florística	27
5.1.2. Carbono almacenado	28
5.2. Conclusiones	29
5.3. Recomendaciones	30
Referencias Bibliográficas	31

Anexos	34
Anexo 1 Matriz de consistencia	35
Anexo 2 Mapa de ubicación del área de estudio	36
Anexo 3 Formato para la toma de datos del censo forestal	37
Anexo 4 Formato de datos para la estimación de la biomasa y carbono almacenado	38

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Relación de especies, géneros, familias y número de árboles	14
2. Volumen maderable comercial por clase diamétrica y por especie	18
3. Biomasa por clase diamétrica y por especie	21
4. Carbono almacenado por clase diamétrica y por especie	24
5. Prueba de normalidad para los datos registrados en el bosque de terraza baja	25
6. Biomasa y carbono almacenado según la prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis	26
7. Prueba de Chi-cuadrado	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
1. Distribución del número de árboles por familia	15
2. Distribución del número de árboles por especie	16
3. Distribución del volumen maderable por especie y por hectárea	17
4. Distribución del volumen maderable por clase diamétrica y por hectárea	17
5. Biomasa por especie y por hectárea	20
6. Biomasa por clase diamétrica y por especie	20
7. Carbono almacenado por especie y por hectárea	23
8. Carbono almacenado por clase diamétrica y por hectárea	23
9. Diagrama de caja de bigotes para el DAP y altura comercial	25

RESUMEN

Se calculó la cantidad de carbono contenida en la biomasa del bosque de terraza baja en la zona de Loreto en Requena. Se consideraron los datos del censo forestal de especies comerciales en la parcela de tala de las concesiones madereras (PC1) del plan operativo (PO1). Se realizaron estimaciones indirectas de la biomasa seca utilizando la densidad básica y el volumen comercial. Se contaron en total 927 árboles, que representaban a cinco familias botánicas y cinco especies forestales comerciales. La biomasa total estimada fue de 7 499 856,35 kg (14 122,43 kg/ha), mientras que las reservas de carbono estimadas fueron de 8,47 tC/ha. *Maquira coriacea* (7,91 tC/ha) tenía la mayor reserva de carbono, seguida de *Calycophyllum spruceanum* (0,39 tC/ha) y *Ceiba pentandra* (0,08 tC/ha). Los almacenes de carbono más bajos se encontraron en *Hura crepitans* e *Iryanthera elliptica* (0,06 tC/ha y 0,04 tC/ha) respectivamente. Las clases mayores de 110 cm (1,91 tC/ha) presentaron las mayores reservas de carbono, seguidas de las clases entre 90 y 99 cm (1,49 tC/ha) y las clases entre 100 y 109 cm (1,41 tC/ha). Según la prueba Chi-cuadrado, el *p-valor* del comparador es inferior a (0,009) el nivel de significación de 0,05. Esto sugiere que, con un umbral de significación de $\alpha = 0,05$, se acepta la hipótesis alternativa de que existen diferencias entre las especies forestales en el bosque de terraza baja en términos de biomasa y carbono almacenado.

Palabras claves: Biomasa, carbono almacenado, terraza baja, distrito de Requena, Loreto.

ABSTRACT

The amount of carbon contained in the biomass of the low terrace forest in the Loreto area of Requena was calculated. Data from the forest census of commercial species in the logging plot of the logging concessions (PC1) of the operational plan (PO1) were considered. Indirect estimates of dry biomass were made using basic density and commercial volume. A total of 927 trees were counted, representing five botanical families and five commercial forest species. Total estimated biomass was 7 499 856,35 kg (14 122,43 kg/ha), while estimated carbon stocks were 8,47 tC/ha. *Maquira coriaceae* (7,91 tC/ha) had the highest carbon stock, followed by *Calycophyllum spruceanum* (0,39 tC/ha) and *Ceiba pentandra* (0,08 tC/ha). The lowest carbon stores were found in *Hura crepitans* and *Iryanthera elliptica* (0,06 tC/ha and 0,04 tC/ha) respectively. Classes larger than 110 cm (1,91 tC/ha) had the highest carbon stocks, followed by classes between 90 and 99 cm (1,49 tC/ha) and classes between 100 and 109 cm (1,41 tC/ha). According to the Chi-square test, the p-value of the comparator is less than (0,009) the significance level of 0,05. This suggests that, with a significance threshold of $\alpha = 0,05$, the alternative hypothesis that there are differences between forest species in the low terrace forest in terms of biomass and carbon stored is accepted.

Key words: Biomass, stored carbon, low terrace, Requena district, Loreto.

Capítulo I. Marco teórico

1.1. Antecedentes del estudio

Cumala registró la mayor cantidad de biomasa en el bosque de terraza baja del distrito de Mazán, Loreto, con 3 051 250 kg. Le siguen pashaco, machimango, tornillo y auje rumo, con un total de 7 665 550 kg. Por el contrario, el bosque de terraza alta produce 30 931 140 kg de biomasa, de los cuales 4 355 330 kg proceden de pashaco. Le siguen machimango, cumala y mari mari, con 7 263 880 kg. Con aguanillo con la cantidad máxima (3778,33 tC), seguido de pashaco y machimango con 2984,56 tC, y shihuahuaco, lupuna, charapilla, chontaquiro y moena con los valores más bajos (325,44 tC), los datos muestran un bajo stock de carbono forestal en la terraza baja de 11 771,18 tC. El contenido total de carbono en el bosque de terraza alta es de 15 465,57 tC, siendo el pashaco el que tiene la cantidad más alta (2177,66 tC), seguido de lupuna, shihuahuaco y huimba, con un valor combinado de carbono de 204,6 tC, y machimango, cumala y mari mari, con un contenido combinado de carbono de 3631,95 tC (1).

Las siguientes conclusiones son el resultado de la investigación de Mori sobre la biomasa y las reservas de carbono en un bosque de colina baja cerca de Indiana. La mayor parte de la biomasa de este bosque se encuentra en el aguanillo, que tiene una masa de 7 556,650 kg. Las especies con mayor masa son el pashaco, el almendro, la cumala blanca, el palisangre y el caimitillo, con una masa combinada de 25 615 360 kg. El estudio también señala que los mayores valores se encuentran en las clases diamétricas de 60 cm a 69 cm y de 90 cm y más, con 21 255,510 kg, 17 923,980 kg, 17 187,830 kg y 18 490,450 kg, respectivamente. Las de 40 cm a 49 cm y de 80 cm a 89 cm presentaron la biomasa más baja, con 15 058,68 kg. La reserva total de carbono para todas las especies y clases diamétricas es de 44 958,22 tC. Aguanillo, con un stock de 3578,31 tC, es el mayor, seguido de pashaco, almendro, cumala blanca y palisangre, con 14 092,3 tC. Las existencias en huamanzamana, shiringa,

estoraque, mashonaste, shihuahuaco y chontaquiro son las más bajas, totalizando 793,88 tC. La clase con mayor valor de stock es la que tiene un diámetro de 60-69 cm. Le siguen las clases con los siguientes diámetros 50-59 cm (8593,91 tC), 70-79 cm (8961,99 tC) y 90 cm y más (9 245,23 tC). Las reservas de carbono más bajas se encontraron en las de 40-49 cm y 80-89 cm, con 1839,31 tC y 5690,03 tC, respectivamente (2).

A continuación, se presentan los resultados del estudio de Vásquez sobre la biomasa y el contenido de carbono de los troncos de los árboles del bosque de terraza alta de San Pedro-quebrada Blanco, en Loreto. Según los datos, las 15 especies más importantes representan 125 200 kg/ha, es decir, el 63,72% de la biomasa total de 196 640 kg/ha. Con una biomasa total de 72 540 kg/ha, las especies con mayor biomasa son *Brosimum* sp. "palisangre", *Licania* "sacha parinari", *Tachigali* "tangarana", *Eschweilera* "machimango" y *Chrysophyllum* "quinilla". Las especies con los valores más bajos son *Pseudolmedia laevis* ("chimicua"), *Hevea guianensis* ("shiringa") y *Licania* sp ("parinari"), cuyo total combinado es de 12 kg/ha. Este bosque posee 62,60 tC/ha (63,57%) del total de 98,32 tC/ha de carbono. Las especies con mayores reservas de carbono son *Licania* sp. "sacha parinari", *Tachigali* sp. "tangarana", *Eschweilera coriacea* "machimango", *Chrysophyllum* sp. "quinilla" y *Brosimum rubescens* "palisangre" (5,69 tC/ha)(3).

El estudio de Riofro que se presenta a continuación evalúa el beneficio económico del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque diferentes del distrito de Loreto Urarinas. La biomasa de las 25 especies del bosque de terraza baja severamente mal drenadas fue de 78 520 kg/ha (80,43%) de la biomasa total de 97 620 kg/ha. Los totales de biomasa de *Otoba glycyarpa*, *Virola lorentensis*, *Carapa guianensis*, *Virola pavonis* y *Virola peruviana* fueron de 19 603,9 kg/ha, mientras que *Maquira coriacea*, *Macoubea sprucei* y *Terminalia amazonia* fueron de 5830 kg/ha. De los 66180 kg/ha totales, 25 especies presentes en el bosque de terraza baja representan 53 650 kg/ha (81,07%). La biomasa de *Virola albidiflora* es la más elevada, con 3460 kg/ha. Con un total de 12 390 kg/ha, le siguen

Ocotea longifolia, *Otoba parvifolia*, *Pouteria hispida* y *Calophyllum brasiliense*. *Cedrela odorata*, *Maquira coriácea* y *Virola albidiflora* son las especies con las concentraciones más bajas. La reserva de carbono de las 25 especies descubiertas en el bosque de terraza baja con drenaje inadecuado fue de 39,10 tC/ha (80,42%) de la reserva total de carbono de 48,62 tC/ha. "Cumala aguanillo", "Cumala caupuri" y "Cumala blanca" presentaron la mayor reserva de carbono, con un total de 11,94 tC/ha. El bosque de terraza baja con drenaje moderado, por otro lado, tenía 26,72 tC/ha (81,07%) del total de 32,96 tC/ha. *Pouteria hispida*, *Ocotea longifolia*, *Virola albidiflora*, *Otoba parvifolia* y *Calophyllum brasiliense* tienen reservas de carbono inferiores a 7,94 tC/ha (4).

1.2. Bases teóricas

En los estudios sobre el secuestro de carbono, la biomasa desempeña un papel crucial, ya que permite estimar la cantidad de carbono que un determinado bosque reparará o almacenará. La biomasa total es un indicador importante de la salud de un bosque porque depende sobre todo de la edad de la masa (5).

La biomasa aérea de un bosque puede calcularse tanto directa como indirectamente. El método directo, también conocido como método destructivo, se basa en la medición de las propiedades básicas de un árbol, como el diámetro a la altura del pecho, la altura total, el diámetro de la copa y la longitud de la copa. Cuando un árbol muere, la biomasa puede calcularse pesando el tronco, las ramas y el follaje (6).

La biomasa sólo se define como la vegetación que representa en el contexto de los inventarios forestales. El peso total de los materiales orgánicos en un área determinada es su biomasa. El secuestro de carbono puede evaluarse directamente utilizando características procedentes de datos de teledetección, o puede entenderse como una parte de la biomasa, cuya cantidad varía en función de las especies (7).

Se denomina "biomasa" a una clase de materiales orgánicos renovables de origen vegetal o animal, o a los producidos por su transformación natural o inducida. Esto incluye los residuos de la industria agrícola. En la actualidad, la demanda de combustibles fósiles es tan alta que la gente busca fuentes de energía alternativas para satisfacer sus necesidades fundamentales. La biomasa es una de estas fuentes de energía alternativas, también denominadas Energías Renovables (8).

Además de utilizar modelos alométricos, existen numerosas técnicas para calcular la biomasa arbórea. El volumen comercial o total suele estar disponible a través del inventario. La densidad básica de la madera es necesaria para transformar este volumen en biomasa, lo que permite volver a convertir los volúmenes húmedos en volúmenes húmedos (9). Para responder a una serie de preguntas sobre la función de los bosques en los fenómenos globales, como el ciclo biogeoquímico del carbono, el nitrógeno y los nutrientes, es necesario conocer la biomasa. Las evaluaciones de la biomasa forestal se incorporan a los modelos para obtener estimaciones del flujo de carbono derivado del cambio de uso del suelo. Son útiles para crear hipótesis sobre cuánto carbono se mantiene como materia orgánica y cuánto se almacena en el suelo y la vegetación. Esta información permite calcular la cantidad neta de carbono que se absorbe, se libera por combustión o descomposición y se libera como materia orgánica (10).

Las plantas deben absorber los estímulos locales del crecimiento, transformarlos en azúcares simples y emplearlos después para impulsar la reproducción y el desarrollo de los órganos. Para ello, los árboles utilizan la energía contenida en sus cloroplastos para combinar el hidrógeno del agua del suelo con el dióxido de carbono de la atmósfera durante el proceso de fotosíntesis (11).

El CO₂ transporta el carbono a través de la biosfera, los mares y la atmósfera. Los dos tipos de depósitos son fuentes y sumideros; las primeras emiten carbono a la atmósfera, mientras que los segundos lo absorben. Debido al carbono inorgánico disuelto, los mares contienen más

de cincuenta veces la cantidad de carbono que la atmósfera. A pesar de contener aproximadamente tres veces y media más carbono que la atmósfera, las plantas y los suelos tienen una capacidad global de almacenamiento de carbono mucho mayor que otras formas de vegetación. Dado que las mismas fuentes, como las plantas, los mares y el suelo, pueden producir y absorber CO₂, las fuentes de gases de efecto invernadero en el sector del cambio de uso del suelo forestal se conocen peor que en el sector energético (12).

1.3. Definición de términos básicos

Biomasa aérea: Materia orgánica presente en los árboles, como la corteza, las hojas y las ramas (13).

Biomasa radicular: Consistentes en sistemas radiculares que actúan como sumideros adicionales de carbono (13).

Biomasa: Grupo de sustancias orgánicas renovables, naturales o de evolución intencionada, derivadas de plantas o animales (8).

Bosque de terraza baja: Aunque con frecuencia son más altas que el río, se inundan periódicamente como consecuencia de crecidas poco frecuentes o importantes. Están generadas por la topografía con pendientes que varían del 0% al 2% como consecuencia de las variaciones del nivel del agua y de su proximidad a los cursos fluviales (14).

Bosque: Hay arbustos y árboles por todas partes. Los viejos árboles de los bosques, de distintas alturas y especies, distribuyen eficazmente la luz solar gracias a su abundancia y a las bajas capas de vegetación (15).

Carbono: Compuesto químico de letra C y número atómico 6. Es un componente esencial de la química (16).

Dioxido de carbono (CO₂): El gas tiene un sabor ligeramente ácido, es incoloro e inodoro y está formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (11).

Especies: componentes relacionados entre sí por compartir una o varias características (17).

Secuestro o fijación de CO₂: La biomasa vegetal puede absorber y fijar el CO₂ atmosférico a través de un proceso metabólico provocado por la fotosíntesis (11).

Carbono almacenado. - Cantidad de carbono presente en las plantas en forma de compuestos de carbono o materia orgánica (16).

Capítulo II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción del problema

Aunque la temperatura del planeta es dinámica y cambia continuamente debido a los ciclos naturales, las acciones humanas han tenido un impacto significativo en los sistemas climáticos de la Tierra. Estas actividades incluyen el aumento de los niveles de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂) (18).

El ciclo global del carbono está influido fundamentalmente por los bosques tropicales. Los bosques tropicales controlan los niveles de dióxido de carbono atmosférico fijando y reintegrando el dióxido de carbono en el ciclo normal del carbono. Son ecosistemas grandes y diversificados que ocupan mucho territorio (18).

Es crucial tener en cuenta la información relativa a la biomasa y el carbono almacenado en los árboles de nuestra zona. Dado que los bosques son el principal sumidero de carbono, es esencial gestionar y reducir el calentamiento global y sus efectos en el ecosistema.

Los bosques atraen cada vez más atención en todo el mundo, ya que los sistemas de contabilidad del ciclo del carbono deben reconocerlos como sumideros. Cabe señalar que la cantidad de biomasa y carbono atrapada en estos ecosistemas, sobre todo en las poblaciones arbóreas, no se ha evaluado con precisión (19).

La causa principal de la deforestación, el deseo de obtener bienes agrícolas y/o ganaderos, es uno de los principales problemas que podrían poner en peligro el almacenamiento a largo plazo de carbono en los bosques.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿En el bosque de terraza baja del distrito de Requena, en Loreto, cuánto carbono se retendrá en la biomasa de las especies comerciales en 2021?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuánta biomasa habrá en las especies comerciales del bosque de terraza baja del distrito de Requena en 2021?
- ¿Cuánto carbono se almacenará en las especies comerciales del bosque de terraza baja del distrito de Requena en 2021?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de especies forestales comerciales en el bosque de terraza baja de Requena, Loreto. 2021.

2.3.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la biomasa de especies forestales comerciales presentes en el bosque bajo de terraza del distrito de Requena, Loreto. 2021.
- Cuantificar el carbono retenido en especies forestales comerciales presentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021.
- Comparar los hallazgos de biomasa y carbono almacenado en especies forestales comerciales encontradas en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto, en 2021.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis de la investigación

En el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto, 2021 existe una variación en la biomasa y el carbono almacenado entre las especies forestales existentes.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

El peso de las reservas de carbono por árbol y por especie, así como el peso de la biomasa por árbol y por especie, indican la variable dependiente (Y), que se compone de biomasa y reservas de carbono. Otras medidas son los kilogramos por hectárea (kg/ha) y las tC/ha. El número de especies,

géneros y familias viene determinado por el número de especies forestales (variable independiente, X).

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Especies forestales	un conjunto de componentes conectados entre sí en virtud de una o varias características comunes.	Se medirá mediante en número de especies.
Biomasa	Toda la masa de materia orgánica, por debajo y por encima del suelo.	Esto será posible gracias al peso de la biomasa producida por los árboles de cada especie.
Carbono almacenado	El volumen de carbono que se mantiene actualmente en una reserva.	Se producirá utilizando la fórmula adecuada a partir de la biomasa.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Instrumento
Independiente (X)					
Especies forestales	Un conjunto de elementos que son similares entre sí porque poseen una o varias de las mismas propiedades.	Se medirá mediante el número de especies.	Composición florística	Nº de especies Nº de géneros Nº de familias	Fichas que representan los distintos tipos de árboles que se encuentran en el bosque objeto de la investigación.
Dependiente (Y)					
Biomasa	El peso de la materia orgánica, tanto por encima como por debajo del suelo.	Peso en biomasa por árbol y por especie.	- Peso de la biomasa de cada especie y árbol	kg/ha	formato para registrar información dasométrica sobre árboles de especies forestales concretas.
Carbono almacenado	Nivel actual de captura de carbono de un embalse	Se obtendrá utilizando la fórmula adecuada a partir de la biomasa.	- La cantidad de carbono almacenada en cada especie y cada árbol	tC/ha	Base de datos de inventario y hoja de cálculo Excel y SPSS

Capítulo III. Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

El método de investigación es básico, cuantitativo y descriptivo. El diseño no experimental se basa en la obtención de datos dasométricos de cada árbol del bosque investigado.

El estudio se realizó en el bosque de terraza baja, que tiene un tamaño aproximado de 531,06 ha, dentro del Plan Operativo (PO 1) de la CP 01 para concesiones forestales (16-LOR-REQ/CON-MAD-2017-046) con fines madereros. Para la delimitación de la región de estudio se utilizan coordenadas UTM:

COORDENADAS UTM		
Vertice	Este	Norte
V1	609089,25	9416805,05
V2	607659,77	9416795,63
V3	609441,51	9420927,03
V4	611170,13	9422200,00
V5	611869,69	9425292,00
V6	613560,25	9427108,00
V7	613560,25	9424393,18
V8	612498,68	9424393,18
V9	612506,09	9422273,12
V10	609997,45	9420613,00

Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito del Requena, provincia de Requena, Región Loreto (Anexo 2).

El viaje fluvial recorrió 235 km desde Iquitos hasta PC 01, con una duración total de 25 horas y 10 minutos. De Iquitos a Requena, se navegaron 209 km en 21 horas. Luego, se recorrieron 25 km de Requena a Malvinas en 4 horas. Finalmente, el viaje de 1.5 km entre Malvinas y PC 01 tomó 10 minutos

3.2. Población y Muestra

La población de estudio incluyó todas las especies de árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) de al menos 40 cm que se encuentran en el bosque de terraza baja dentro de un área de 1073,74 hectáreas. Se realizó un censo forestal, lo que significa que la muestra representa exactamente a la población total de árboles en el área de estudio (1073,74 ha).

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

El formulario de recogida de datos de este estudio (anexo 2) incluía el nombre de la especie, el DAP, la altura comercial, las coordenadas UTM y algunas observaciones. Los datos de campo del censo forestal sirvieron de base.

La forcípula metálica de 1,20 m de longitud (Mantax Blue), los cabrestantes de 50 m (Truper), el clinómetro y la brújula (Suunto) y la cámara (Nikon Coolpix) son algunos de los instrumentos utilizados para recopilar datos sobre el terreno.

El censo forestal de 2020 se llevó a cabo en el bosque de estudio, y los datos obtenidos de dicho censo se utilizaron para aplicar el método de recopilación de datos. Como se indica en el anexo 3 y 4, los formularios se utilizaron para determinar la biomasa y las reservas de carbono de cada especie y cada árbol.

3.3.1. Cuantificación de la biomasa aérea

- Cálculo del volumen maderable comercial

Para calcular el volumen de madera de cada árbol se utilizaron el DAP, la altura comercial y el coeficiente de forma de 0,65 para las especies forestales tropicales. El área basal se estimó inicialmente mediante la siguiente fórmula:(20).

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

Donde: AB = área basal (m²); DAP = diámetro a la altura del pecho (m). Con este dato se calculará el volumen comercial aplicando la siguiente fórmula²(20).

$$Vc = AB * Hc * Ff$$

Dónde: Vc = volumen comercial (m³); AB = área basal (m²); Hc = altura comercial (m); Ff = factor de forma (0,65).

- **Cálculo de la biomasa aérea**

La biomasa aérea de las diferentes especies forestales del bosque evaluado se calculó mediante la fórmula siguiente (19).

$$B_{sa} = V_c * DB * FEB$$

Dónde: B_{sa} = biomasa seca aérea (kg); V_c = volumen comercial del árbol (m^3); DB = densidad básica de la madera de una especie en particular (kg/m^3) (21); FEB = factor de expansión de biomasa (2,25) (19).

- **Cálculo de la biomasa radicular**

Dado que la biomasa radicular representa el 20% del peso de la biomasa aérea, se realizó una estimación con la siguiente fórmula:(22).

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

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

- **Cálculo de la biomasa total**

La suma de la biomasa radicular y aérea se utilizó para calcular la biomasa total (22).

$$B_t = B_a + B_r$$

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

Ya no es imprescindible reducir el 40% del peso total para tener en cuenta el agua de la biomasa cuando se utiliza la densidad básica, que relaciona el peso seco con el volumen verde de la madera. Cabe señalar que la biomasa total proyectada sólo incluye la biomasa seca.

3.3.2. Cuantificación del carbono almacenado

Dado que la materia seca representa el 50% del carbono almacenado, la biomasa total se multiplicó por 0,5 para determinar la cantidad de carbono almacenada por cada árbol del bosque objeto de la investigación (4).

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

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

3.3.3. Comparar los resultados de biomasa y carbono almacenado en las especies forestales comerciales

- **Prueba de normalidad**

Según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el DAP y la altura comercial de las especies forestales del bosque de terraza baja no son normales. Como resultado de ello, se elaboró la siguiente hipótesis:

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

- **Prueba de hipótesis**

Dado que los resultados de la prueba de normalidad muestran que los datos no son normales, se comprobó la hipótesis siguiente mediante las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Chi-cuadrado.

Hipótesis nula (H₀): No existe diferencia en la biomasa y carbono almacenado entre las especies forestales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021.	<i>p-valor</i> > 0,05
Hipótesis alterna (H₁): Existe diferencia en la biomasa y carbono almacenado entre las especies forestales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021.	<i>p-valor</i> < 0,05

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Para procesar los datos se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Excel y SPSS 25, con los que se elaboraron tablas y gráficos que ayudaron a interpretar y analizar los datos, así como a mejorar la precisión y fiabilidad de los resultados.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Composición florística

Se contaron cinco familias botánicas y cinco especies forestales comerciales con un total de 927 árboles. Sólo figura una especie por cada una de las cinco familias (Tabla 1).

Maquira coriaceae es la especie con más árboles (859), seguida en orden por *Calycophyllum spruceanum* (47), *Iryanthera elliptica* (12), *Ceiba pentandra* (siete árboles) y *Hura crepitans* (dos árboles).

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

N°	Especie		Familia	N° de árboles
	Nombre común	Nombre científico		
1	Capinuri	<i>Maquira coriaceae</i>	Moraceae	859
2	Capirona	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	Rubiaceae	47
3	Catahua	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	2
4	Cumala	<i>Iryanthera elliptica</i>	Myristicaceae	12
5	Lupuna	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	7
Total				927

Gráfico 1. Distribución del número de árboles por familia

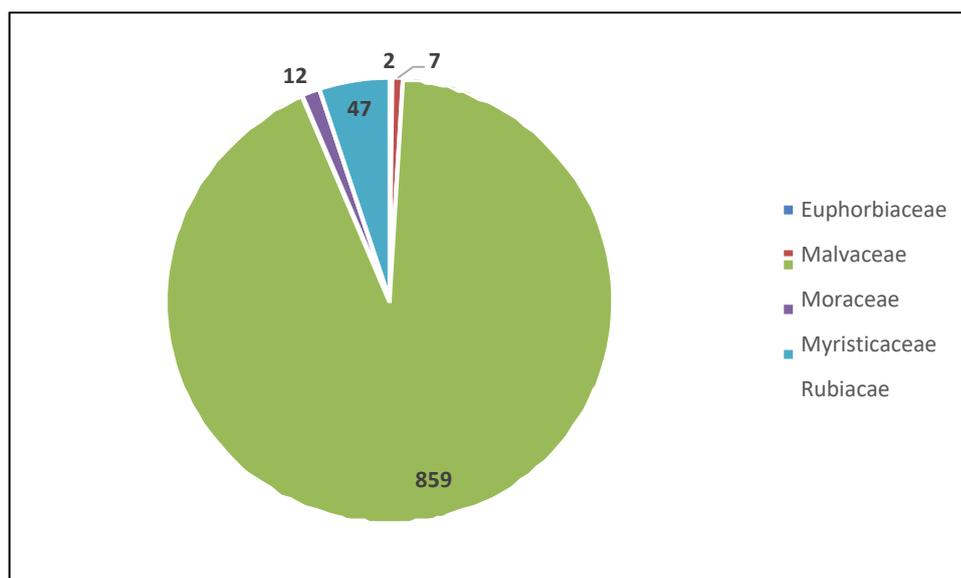
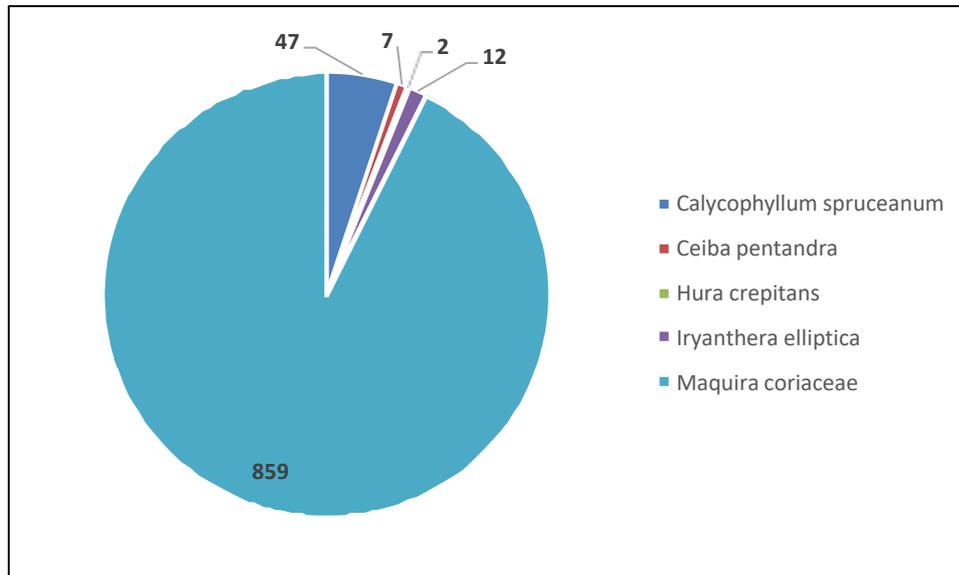


Gráfico 2. Distribución del número de árboles por especie



La familia Moraceae es la que tiene más árboles (859), mientras que la familia Euphorbiaceae es la que tiene menos (2 árboles) (Gráfico 1). La especie con el valor más alto es *Maquira coriacea*, mientras que la especie con el valor más bajo es *Hura crepitans* (Gráfico 2).

4.2. Volumen maderable comercial

La Tabla 2 muestra el volumen de madera comercial por especie y categoría de diámetro. Se midieron 10,31 m³/ha de un volumen total de 5473,61 m³. *Maquira coriacea*, *Ceiba pentandra* y *Calycophyllum spruceanum* fueron las tres especies con mayor volumen (5098,89 m³, o 9,60 m³/ha), respectivamente. *Iryanthera elliptica* (27,96 m³, 0,05 m³/ha) y *Hura crepitans* (36,21 m³, 0,07 m³/ha) tuvieron los volúmenes más bajos.

Después de 90 a 99 cm (956 m³, 1,80 m³/ha), 100 a 109 cm (907,12 m³, 1,71 m³/ha), la clase diamétrica de más de 110 cm corresponde al volumen máximo cosechable (1242,22 m³, 2,34 m³/ha). El volumen más bajo se encontró en las clases diamétricas de 60 a 69 cm (435,04 m³, o 0,82 m³/ha), luego en las de 50 a 59 cm (267,78 m³, o 0,82 m³/ha), y en las de 40 a 49 cm (196,94 m³, o 0,37 m³/ha).

La mayor madera fue producida por las especies *Maquira coriaceae* y *Calycophyllum spruceanum*, que juntas representaron 10,05 m³/ha (5336,4 m³), o el 97,48% del volumen total del bosque, como se muestra en el Gráfico 3. El gráfico 4 muestra que, por el contrario, las clases diamétricas de 40 cm a 49 cm tienen el menor volumen (0,37 m³/ha, 196,94 m³) y las clases diamétricas de 110 cm y más tienen el mayor volumen (2,34 m³/ha, 5098,89 m³), que en conjunto representan el 26,29%.

Gráfico 3. Distribución del volumen maderable por especie y por hectárea

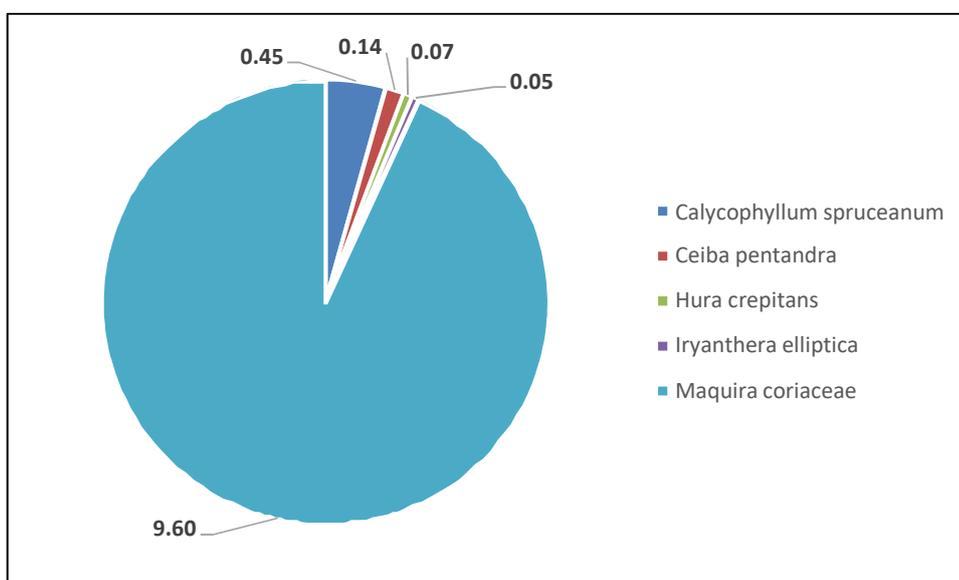


Gráfico 4. Distribución del volumen maderable por clase diamétrica y por hectárea

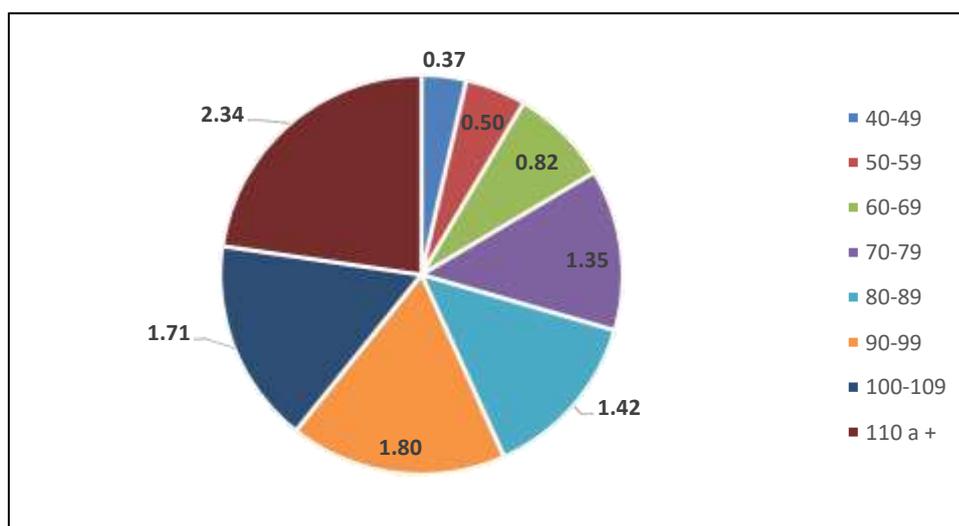


Tabla 2. Volumen maderable comercial por clase diamétrica y por especie

Especies	Volumen por clase diamétrica (m ³ /ha)								Vol. (m ³ /ha)	Vol. (m ³)
	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 69	80 a 89	90 a 99	100 a 109	110 a 109		
<i>Maquira coriaceae</i>	0,33	0,44	0,77	1,26	1,37	1,72	1,57	2,15	9,60	5098,89
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	0,02	0,05	0,02	0,06	0,05	0,08	0,12	0,04	0,45	237,51
<i>Ceiba pentandra</i>			0,01	0,03			0,02	0,08	0,14	73,05
<i>Hura crepitans</i>								0,07	0,07	36,21
<i>Iryanthera elliptica</i>	0,02	0,02	0,01						0,05	27,96
Total	0,37	0,50	0,82	1,35	1,42	1,80	1,71	2,34	10,31	5473,61
Total general	196,94	267,78	435,04	714,42	754,09	956,00	907,12	1242,22		5473,61

4.3. Biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja

La biomasa seca total prevista del bosque de investigación, la biomasa por especies, las especies forestales comerciales y las plántulas cosechables se muestran en la Tabla 4. Con *Ceiba pentandra* con la cantidad máxima (136,17 kg/ha, 72 316,37 kg) y *Maquira coriaceae* con la cantidad más baja (13 177,84 kg/ha, 6 998 224,85 kg), los datos muestran una biomasa de 14 122,43 kg/ha de un total de 7 499 856,35 kg. Los valores más bajos de biomasa se encuentran en las especies *Hura crepitans* (95,11 kg/ha, 50 506,49 kg), e *Iryanthera elliptica* (59,23 kg/ha, 31 456,06 kg).

Las tres especies con mayor biomasa seca son *Ceiba pentandra*, *Calycophyllum spruceanum* y *Maquira coriaceae*, con una biomasa seca total de 13 968,08 kg/ha (7 417 893,81 kg). Estas especies representan el 98,91% de la biomasa seca total por hectárea.

La biomasa fue mayor en las clases con diámetros superiores a 110 cm (3186,57 kg/ha, o 1 692 258,58 kg), seguidas de las clases con diámetros entre 90 y 99 cm (2478,08 kg/ha, o 1 316 009,58 kg) y, por último, las clases con diámetros entre 100 y 109 cm (2347,05 kg/ha, o 1 246 425,88 kg). Las clases con diámetros entre 40 y 49 cm registraron la biomasa más baja (505,39 kg/ha, 268 391,33 kg), seguidas de las clases con diámetros entre 50 y 59 cm (692,06 kg/ha, 367 526,69 kg).

Según el Gráfico 5, las especies *Maquira coriaceae* y *Calycophyllum spruceanum* son las que producen más biomasa, con 13 831,91 kg/ha (7 345 577,44 kg), es decir, el 97,94% de la biomasa total del bosque. La biomasa, que representa el 3,58% del total, es mayor en la clase diamétrica de 110 cm y superior (3186,57 kg/ha, o 1 692 258,58 kg), y menor en la clase de 40 cm a 49 cm (505,39 kg/ha, o 268 391,33 kg) (Gráfico 6).

Gráfico 5. Biomasa por especie y por hectárea

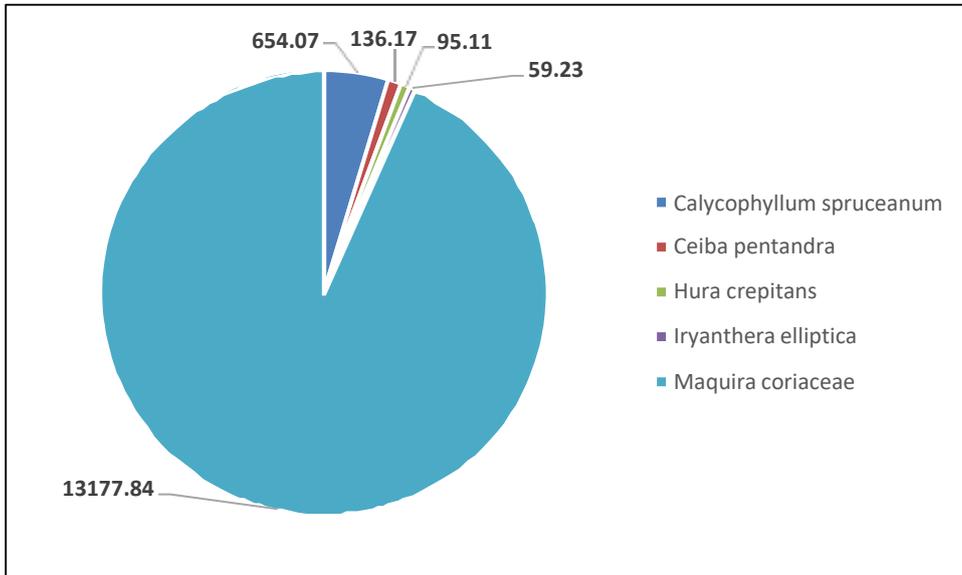


Gráfico 6. Biomasa por clase diamétrica y por especie

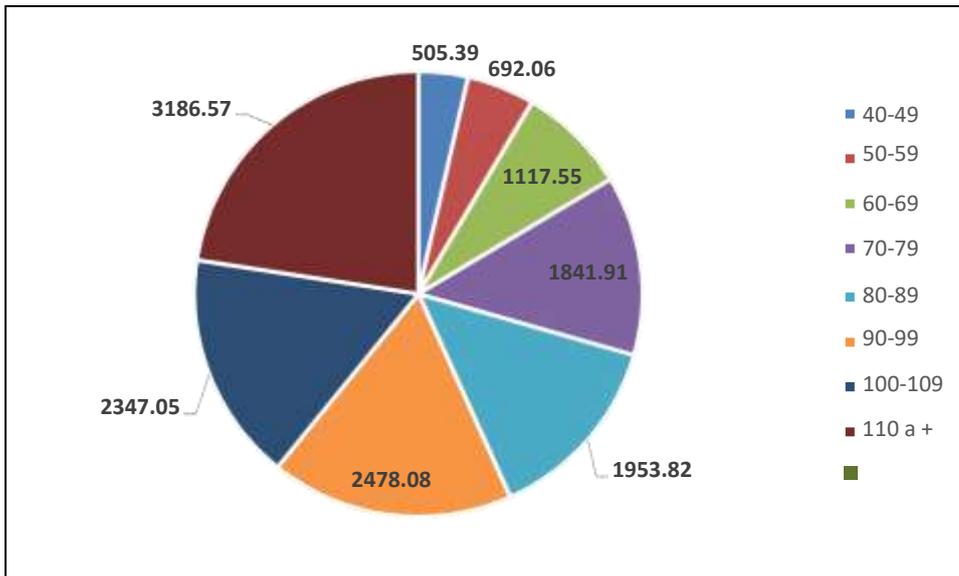


Tabla 3. Biomasa por clase diamétrica y por especie

Especies	Biomasa por clase diamétrica (kg/ha)							Total	Biomasa (kg/ha)	Biomasa (kg)
	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a 99	100 a 109			
<i>Maquira coriaceae</i>	446,49	599,23	1061,85	1731,28	1873,95	2358,58	2151,78	2954,68	13177,84	6998224,85
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	33,22	72,52	27,95	85,44	79,87	119,51	174,33	61,24	654,07	347352,59
<i>Ceiba pentandra</i>			14,51	25,18			20,94	75,55	136,17	72316,37
<i>Hura crepitans</i>								95,11	95,11	50506,49
<i>Iryanthera elliptica</i>	25,68	20,32	13,24						59,23	31456,06
Total	505,39	692,06	1117,55	1841,91	1953,82	2478,08	2347,05	3186,57	14122,43	7499856,35
Total general	268391,33	367526,69	593485,83	978164,30	1037594,16	1316009,58	1246425,88	1692258,58		7499856,35

4.4. Carbono almacenado en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja

La Tabla 5 muestra los valores de las reservas de carbono de todas las especies comerciales y de todo el bosque. De una reserva total de carbono de 4 499,91 tC, los resultados muestran una reserva de carbono de 8,47 tC/ha, siendo *Maquira coriacea* la que tiene la mayor reserva de carbono (7,91 tC/ha, 4 198,93 tC), seguida de *Calycophyllum spruceanum* (0,39 tC/ha, 208,41 tC), y *Ceiba pentandra* (0,08 tC/ha, 43 tC). *Hura crepitans* e *Iryanthera elliptica* tenían menores reservas de carbono (0,06 tC/ha, 30,30 tC, y 0,04 tC/ha, 18,87 tC, respectivamente).

Maquira coriacea, *Calycophyllum spruceanum* y *Ceiba pentandra* son las tres especies con mayor almacenamiento de carbono, con una reserva combinada de 8,38 tC/ha (4450,73 tC). El 98,91% del carbono total almacenado por hectárea corresponde a estas plantas.

Las clases con diámetros superiores a 110 cm tenían las mayores reservas de carbono (1,91 tC/ha, o 1 692 258,58 tC), seguidas de las clases con diámetros entre 90 y 99 cm (1,49 tC/ha, o 789,61 tC) y, por último, las clases con diámetros entre 100 y 109 cm (1,41 tC/ha, o 747,86 tC). Las clases con diámetros entre 40 y 49 cm eran las que tenían menos carbono almacenado (0,30 tC/ha, 161,03 tC), mientras que las clases con diámetros entre 50 y 59 cm eran las que tenían más (0,42 tC/ha, 220,52 tC).

Maquira coriacea y *Calycophyllum spruceanum*, que juntas representan 8,3 tC/ha (4407,34 tC) o el 97,94% del carbono forestal total, son las especies que más carbono almacenan, como se observa en el Gráfico 7. El contenido de carbono es mayor en la clase diamétrica de 110 cm (1,91 tC/ha, 1015,36 tC) y menor en la clase diamétrica de 40 cm a 49 cm (0,30 tC/ha, 161,03 tC), que en conjunto representan el 3,54% (Gráfico 8).

Gráfico 7. Carbono almacenado por especie y por hectárea

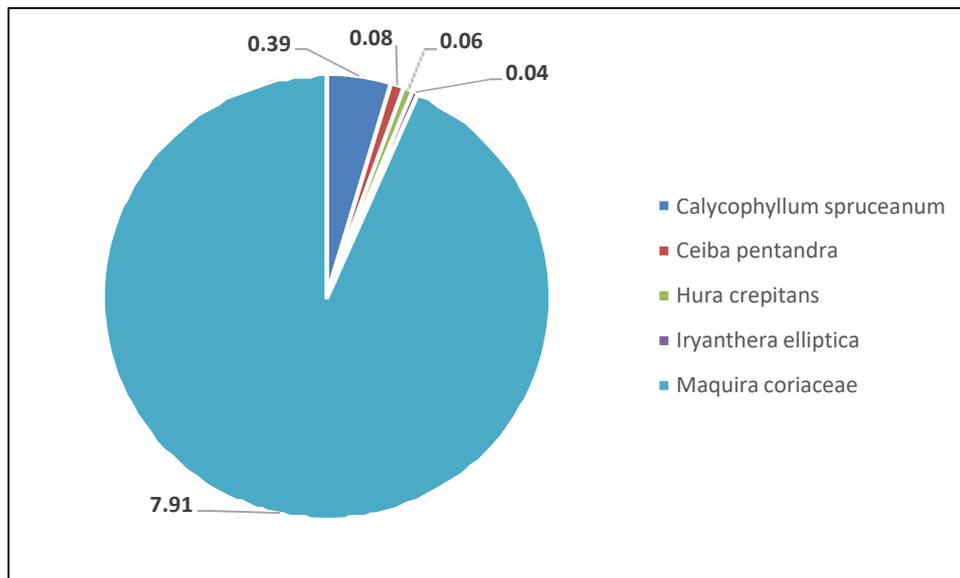


Gráfico 8. Carbono almacenado por clase diamétrica y por hectárea

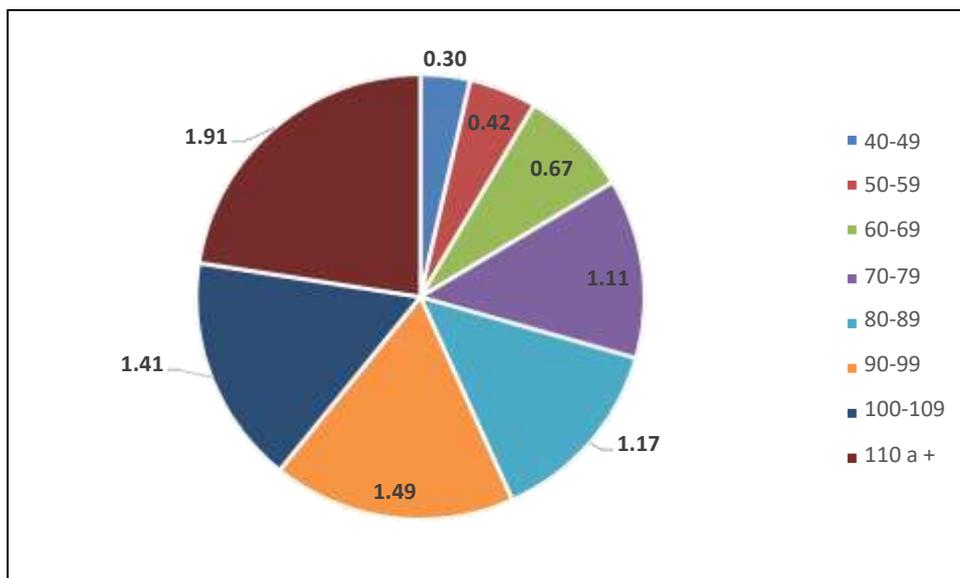


Tabla 4. Carbono almacenado por clase diamétrica y por especie

Especies	Carbono almacenado por clase diamétrica (tC/ha)								Carbono almacenado (tC/ha)	Carbono almacenado (tC)
	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a 99	100 a 109	110 a +		
<i>Maquira coriacea</i>	0,27	0,36	0,64	1,04	1,12	1,42	1,29	1,77	7,91	4198,93
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	0,02	0,04	0,02	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,39	208,41
<i>Ceiba pentandra</i>			0,01	0,02			0,01	0,05	0,08	43,39
<i>Hura crepitans</i>								0,06	0,06	30,30
<i>Iryanthera elliptica</i>	0,02	0,01	0,01						0,04	18,87
Total	0,30	0,42	0,67	1,11	1,17	1,49	1,41	1,91	8,47	4499,91
Total general	161,03	220,52	356,09	586,90	622,56	789,61	747,86	1015,36		4499,91

4.5. Comparar los resultados de biomasa y carbono almacenado en las especies forestales comerciales

4.5.1. Prueba de normalidad

Los resultados de la prueba de normalidad sobre los datos de DAP y altura comercial del bosque de terraza baja se muestran en la Tabla 5. Los datos no son normales, ya que el *p-valor* del bosque ($p = 0,00$) es inferior a 0,05. Para las comparaciones, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Tabla 5. Prueba de normalidad para los datos registrados en el bosque de terraza baja

Prueba de normalidad			
Kolmogorov-Smirnov ^a			
	Estadístico	gl	Sig.
DAP	0,084	927	0,000
Altura comercial	0,241	927	0,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

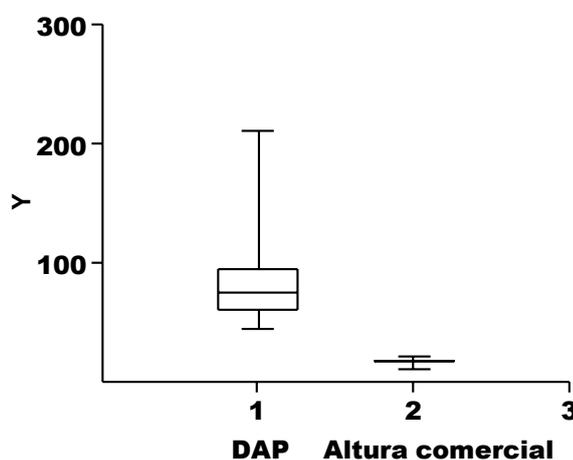


Gráfico 9. Diagrama de caja de bigotes para el DAP y altura comercial

Podemos deducir del diagrama de cajas y bigotes de el Gráfico 9 que los datos de población sobre el DAP y la altura comercial no siguen una distribución normal, ya que la mediana no divide la caja en dos partes iguales.

4.5.2. Prueba de hipótesis

Utilizando la prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis, la comparación de la biomasa y las reservas de carbono se muestra en las tablas 6 y 7. La biomasa tiene un rango medio inferior de 3,00 tC y un rango medio superior de 8,00 kg muestra las reservas de carbono.

El *p-valor* del comparador es 0,009 por debajo del nivel de significación 0,05, según la prueba Chi-cuadrado. La explicación alternativa, que sostiene que el bosque de terraza baja tiene una biomasa y un almacenamiento de carbono significativamente diferentes al nivel de significación de 0,05, prevalece en última instancia sobre la hipótesis alternativa como resultado de esta observación.

Tabla 6. Biomasa y carbono almacenado según la prueba de hipótesis no paramétrica de Kruskal-Wallis

Rangos			
	Valor económico	N	Rango promedio
Especies	Biomasa	5	8,00
	Carbono almacenado	5	3,00
	Total	10	

Tabla 7. Prueba de Chi-cuadrado

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Valor económico
Chi-cuadrado	6,818
gl	1
<i>p-valor</i>	0,009

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Especies

Capítulo V. Discusión, conclusión y recomendaciones

5.1. Discusión

5.1.1. Composición florística

Se contaron 927 árboles de cinco familias botánicas y cinco especies forestales comerciales. Para cada una de las cinco familias, se informó de una sola especie (Tabla 1). El mayor número de árboles (859) pertenecía a la especie *Maquira coriaceae*, seguida de *Calycophyllum spruceanum* (47), *Iryanthera elliptica* (12), *Ceiba pentandra* (siete árboles) y *Hura crepitans* (dos árboles), en ese orden. Se identificaron trece familias botánicas según el tipo de bosque, incluidas cuatro especies de cada una de las familias Myristicaceae, Lauraceae y Malvaceae, tres de cada una de las familias Myristicaceae y Lauraceae, dos de cada una de las familias Malvaceae y Lecythidaceae, y 32 especies forestales comerciales con un total de 4023 y 5329 árboles. *Maquira coriaceae* incluía el mayor número de árboles (859), seguida en orden por *Calycophyllum spruceanum* (47), *Iryanthera elliptica* (12), *Ceiba pentandra* (siete árboles) y *Hura crepitans* (dos árboles). Se identificaron trece familias de especies botánicas en función del tipo de bosque; entre ellas, cuatro especies de las familias Lauraceae, Myristicaceae y Malvaceae; tres especies de las familias Myristicaceae y Lauraceae; dos especies de las familias Lecythidaceae y Malvaceae; y treinta y dos especies de especies forestales comerciales, es decir, 4023 y 5329 árboles(1). Se identificaron 14 510 árboles, 17 familias botánicas y un total de 47 especies forestales comerciales. La familia Fabacea contaba con doce especies, seguida de las cuatro especies de cada una de las familias Lecythidaceae y Myristicaceae. El número de árboles de aguanillo ascendía a 1850, y le seguían en orden de precedencia la cumala blanca (1067 árboles), el pashaco (888 árboles), el caimitillo (645 árboles) y la cumala llorona (635 árboles)(2). Estos resultados difieren de los del presente estudio, muy probablemente como consecuencia de las condiciones ambientales (naturales o artificiales), la capacidad de adaptación de las especies a cada zona, el tipo de suelo y otros elementos. La estructura y funcionalidad de un bosque vienen determinadas por su

composición florística. Las necesidades y características de muchas especies vegetales influyen en la forma en que el bosque absorbe los nutrientes, el agua y la radiación solar. La resistencia y la salud general de un bosque pueden determinarse observando su composición florística. Un bosque con una composición florística variada es más resistente a las perturbaciones medioambientales y humanas. Los servicios ecosistémicos que ofrece un bosque vienen determinados por su mezcla florística. Los bosques con una composición florística variada ofrecen una gama más amplia de servicios ecosistémicos, como el suministro de agua, la gestión de la erosión y la regulación del clima.

5.1.2. Carbono almacenado

Los bosques tropicales desempeñan un papel fundamental en el ciclo global del carbono. Al fijar y reintegrar el dióxido de carbono en el ciclo regular del carbono, regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera(18). En contraste con lo observado por otros investigadores, las estimaciones de reservas de carbono obtenidas en este estudio (8,47 tC/ha, 4499,91 tC) fueron superiores. Por ejemplo, se estimó que el bosque de terraza baja (11 771,18 tC) y alta (15 465,57 tC) del distrito de Mazán contenía dichas cantidades(1); En el distrito de Indiana, se descubrió que un bosque de colina baja tenía 44 958,22 tC(2); los bosques de terraza alta contenían 98,32 tC/ha y 62,60 tC/ha (3); y los bosques de terraza baja con drenaje muy deficiente tenían 25 especies, que representaban 39,10 tC/ha de un total de 48,62 tC/ha(4). Esta variación podría atribuirse a diversos factores, como las condiciones locales, la densidad de la madera, el número de especies analizadas, el tipo de bosque, la fórmula de estimación de la biomasa, los factores medioambientales, la calidad del lugar, la edad del bosque, las estimaciones de altura y el diámetro mínimo empleado.

Maquira coriaceae, que tiene el mayor almacenamiento de carbono en el bosque de terraza baja del estudio (7,91 tC/ha), aguanillo (3778,33 tC), pashaco (2177. 66 tC) en el bosque de terraza alta, aguanillo (3578,31 tC) en el bosque de terraza baja, y en el bosque de terraza alta (2177. 66 tC)

en el bosque de terraza baja son ejemplos de especies dominantes encontradas en cada tipo de bosque (2). Estas cifras fluctúan porque cada especie tiene una biomasa distinta que depende de variables como el tamaño de la población, los valores del DAP, la altura comercial y la densidad básica de la madera.

La clase diamétrica entre 40 y 49 cm tiene el valor más bajo (0,30 tC/ha y 161,03 tC), y la clase diamétrica más allá de 110 cm tiene el valor más alto (1,91 tC/ha y 1 692 258,58 tC). Con un total de 26 801,13 tC(2), la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm tiene el valor más alto (10 627,76 tC), seguida de las clases de 90 cm y más, de 70 cm a 79 cm y de 50 cm a 59 cm. Esto sugiere que los resultados difieren de los obtenidos en el distrito de Indiana para un bosque de terraza baja. Esto se debe a que hay menos individuos por especie en los grupos de mayor diámetro. Los bosques son importantes sumideros de carbono porque absorben más carbono del que emiten. Esto ayuda a mitigar las consecuencias del cambio climático, que se produce por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, sobre todo dióxido de carbono (CO₂). Los bosques albergan una gran variedad de flora y fauna. Estos ecosistemas y las especies que albergan están protegidos en parte por el carbono depositado en los árboles. Una herramienta esencial para gestionar los bosques de forma sostenible y reducir el calentamiento global es estimar la cantidad de carbono almacenado en ellos.

5.2. Conclusiones

1. Se analizaron 927 árboles, pertenecientes a 5 familias botánicas y 5 especies forestales. La especie *Maquira coriacea* fue la más abundante, con 859 individuos, lo que representa el 92,6% del total.
2. El estudio reveló un volumen total de madera de 10,31 m³/ha (5473,61 m³). La especie *Maquira coriacea* presentó el mayor valor individual, con 9,60 m³/ha, mientras que *Iryanthera elliptica* registró el menor valor con solo 0,05 m³/ha

3. El estudio estimó una biomasa promedio de 14122,43 kg/ha, alcanzando un total de 7499,86 kg. La especie *Maquira coriacea* lideró con 13177,84 kg/ha, mientras que *Iryanthera elliptica* presentó el menor valor, con apenas 59,23 kg/ha.
4. Se determinó un almacenamiento de carbono de 8,47 tC/ha, con un total de 4499,91 toneladas de carbono. La especie *Maquira coriacea* presentó el mayor valor individual, con 7,91 tC/ha, mientras que *Iryanthera elliptica* registró el menor valor, con solo 0,04 tC/ha.
5. La prueba de Kruskal-Wallis indica diferencias significativas en la distribución de la biomasa (8,00) y el carbono almacenado (3,00). Con un p-valor de 0,000, se rechaza la hipótesis nula que planteaba la ausencia de variación en ambas variables.

5.3. Recomendaciones

1. Las conclusiones de este estudio pueden servir de herramienta a la agencia responsable para decidir cómo gestionar este recurso de forma sostenible.
2. Seguir investigando los beneficios económicos del secuestro de CO₂ y cuantificarlos para utilizarlos en las negociaciones sobre el mercado mundial del carbono.
3. La recogida de datos sobre el terreno debe ser realizada por personas expertas en inventarios forestales para evitar sesgos en el tratamiento de los datos.

Referencias Bibliográficas

1. Vasquez Huaymacari SA. Valoración económica del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque del distrito de Mazan, Loreto. 2018. Univ Nac Amaz Peru. 2019;126.
2. Mori Julca CE. Biomasa y stock de carbono en un bosque de colina baja del distrito de Indiana, Loreto. 2018. Univ Nac Amaz Peru. 2019;59.
3. Vásquez Salas CA. Biomasa y carbono almacenado en los fustes de los árboles del bosque de terraza alta de la comunidad de San Pedro - quebrada Blanco, Loreto - Perú, 2013. Univ Nac Amaz Peru. 2015;101.
4. Riofrio Garay GRG. Valoración económica del secuestro de CO₂ en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas, Loreto - Perú. Univ Nac Amaz Peru. 2017;84.
5. Pesantez Lozano WA. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea de una plantación de cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*), en la Parroquia Río Blanco, Cantón Morona [Internet]. [Tena, Ecuador]: Universidad Nacional de Loja; 2015. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9969>
6. Salinas Z, Hernández P. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bionergía. Manual técnico N° 83. 2008.
7. González JAA. Estimación de almacenamiento de carbono en el suelo de conservación del Distrito Federal mediante el uso de datos lidar aerotransportado. 19 de noviembre de 2018;106.
8. Toscano Morales LA. Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa [Internet]. [Guayaquil, Ecuador]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2009. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31830?mode=full>

9. Alvarez Condo G. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Allometric models for estimating biomass of two native species in forest plantations in the tropics of Cochabamba, Bolivia. 2008;89.
10. Zamora Collazo JC. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de Pino del ejido "La Majada". Municipio de Periban de Ramos. Michoacán, México. [México]: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 2003.
11. Lino Zevallos K. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytia, Ucayali, Perú. Univ Nac Ucayali [Internet]. 2009 [citado 24 de febrero de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/2118>
12. Romero Salazar F. Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el distrito de san silvestre de Cochán provincia de San Miguel - Cajamarca. Univ Nac Cajamarca. 2015;151.
13. Escobar Tafur O. Valoración económica del secuestro de CO₂ en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016. Univ Nac Amaz Peru. 2018;103.
14. PROFONANPE. Inventarios Forestales, Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona, Iquitos. Perú. 2007.
15. Quispe Villafuerte W. Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionario en la región Madre de Dios. Univ Nac Amaz Madre Dios - UNAMAD. 2010;98.
16. Romero Salazar F. Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el distrito de san silvestre de Cochán provincia de San Miguel - Cajamarca. Univ Nac Cajamarca [Internet].

2015 [citado 24 de febrero de 2023]; Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1556>

17. Rae y Asale R y A. Ortografía [Internet]. 1.^a ed. Vol. 1. España: Espasa; 2010. 864 p. Disponible en: <https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
18. Aquino Ramírez M. Estimación de volumen, biomasa y carbono aéreo en tres especies arbóreas de Pluma Hidalgo, Oaxaca [Internet]. [Texcoco, Edo. De México]: Colegio de Postgraduados; 2014. Disponible en: http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/2333/1/Aquino_Ramirez_M_MC_Forestales_2014.pdf
19. Daube E, Terán J, Guzmán R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. *Rev For Iberoam*. 2008;1(1):1-10.
20. Chambi Condori PP. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios. IICFOE.
21. Zanne AE, Lopez-Gonzalez G, Coomes DA, Ilic J, Jansen S, Lewis SL, et al. Global wood density database [Internet]. 2009. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.
22. Higuchi N, Carvalho Júnior J. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: *Anais do seminário Emissão por sequestro de CO₂ uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*. 1994.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título de la investigación	Problema de investigación	Objetivos de la investigación	Hipótesis	Tipo y diseño de investigación	Población y muestra	Instrumentos de recolección de
<p>Carbono almacenado en la biomasa de las especies comerciales de un bosque de terraza baja, distrito de Requena, Loreto. 2021</p>	<p>¿Cuanto será el carbono almacenado en la biomasa de las especies comerciales del bosque de terraza baja, distrito de Requena, Loreto. 2021?</p>	<p>Objetivo general Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa de las especies forestales comerciales del bosque de terraza baja, distrito de Requena, Loreto. 2021.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuantificar la biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021. - Cuantificar el carbono almacenado en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021. - Comparar los resultados de biomasa y carbono almacenado en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021. 	<p>Hipótesis de la investigación Existe diferencia en la biomasa y carbono almacenado entre las especies forestales existentes en el bosque de terraza baja del distrito de Requena, Loreto. 2021.</p>	<p>La investigación es del tipo cuantitativo, descriptivo y de nivel básico. El diseño es no experimental, basada en el registro de los datos dasométricos de todos los individuos arbóreos existentes en el bosque de estudio.</p>	<p>La población de estudio estará conformada por todas las especies forestales con \geq a 40 cm de DAP existente en el bosque de terraza baja en un área de 1073,74 ha. La muestra será igual a la población, considerando que se llevó a cabo un censo forestal.</p>	<p>Fichas de registro de las especies forestales existentes en el bosque de estudio.</p> <p>Formato de registro de información dasométrica de los individuos arbóreos de las especies forestales.</p> <p>Base de datos del inventario y la hoja de cálculos en Excel y SPSS.</p>

Anexo 3. Formato para la toma de datos del censo forestal

Faja	Árbol No.	DAP (cm)	Altura total (m)	Coordenadas		Observaciones
				X	Y	
1						
2						
3						

n						

Anexo 4. Formato de datos para la estimación de la biomasa y carbono almacenado

Árbol No.	DAP (cm)	Altura (m)	DB (kg/m ³)	Biomasa (kg)	Carb.almac. (tC)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
--					
--					
--					
--					
--					
--					
--					
--					
--					
--					
n					