UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ



ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

BIOMASA Y STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, LORETO, 2019

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA

MARIA FE BURGA GUILLENA

ASESORA

ING. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, DRA.

CO ASESOR

ING. RONALD BURGA ALVARADO, DR.

Iquitos, Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°477-2020-UCP-FCEI del 16 de noviembre del 2020, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- Blga. Marianela Cobos Ruiz, Dra. — Presidente
- Blgo. Alvaro Benjamin Tresierra Ayala, Dr. — Miembro
- Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramírez, M.Sc. — Miembro

Como Asesor: a la **Ing. Carmen Patricia del Águila Cerdeña, Dra.,** y al Co asesor **Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 09:00 horas del día 05 de mayo del 2022, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por el Secretario Académico del programa Académico de Ingeniería Ambiental 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: **"BIOMASA Y STOCK DE CARBONO EN LAS ESPECIES COMERCIALES DE UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, LORETO, 2019"**

Presentado por la sustentante: **MARIA FE BURGA GUILLENA**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

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

La sustentación es: **APROBADO POR UNANIMIDAD**

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

Presidente

Miembro

Miembro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primordialmente a Dios por permitirme tener vida y salud para lograr terminar mi objetivo de concluir mi carrera universitaria.

A mi mamá y mi papá Ronald y Janeth que constantemente me secundan y me presentan el camino hacia la superación, este exito además les corresponde a ellos.

Al resto de mi familia que de una u otra manera me brindaron su apoyo incondicional y moral.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Científica del Perú por permitirme ser parte de mi alma mater y compartir problemas, desafíos, grandes momentos y alegrías inolvidables. Gracias mi casa de investigación, finalmente he llegado a esta etapa esencial.

A los docentes que con sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

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:

"BIOMASA Y STOCK DE CARBONO EN UN BOSQUE DE TERRAZA BAJA DEL DISTRITO DEL NAPO, DURANTE EL PERIÓDO 2019-2020 LORETO"

De los alumnos: **MARIA FE BURGA GUILLENA,** de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **5% de plagio**.

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

San Juan, 27 de Enero del 2022.

Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

CJRA/fri-a
49-2022

Curiginal

Document Information

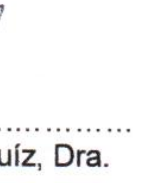
Analyzed document	UCP_INGENIERIA AMBIENTAL_2022_TESIS_MARIA FE _BURGA_V1.pdf (D126304140)
Submitted	2022-01-27T16:44:00.0000000
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7202/Theda-Tesis-Titulo-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2022-01-06T23:08:33.9430000	12
W	URL: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6737/Clara_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-12-06T20:04:17.2100000	11

HOJA DE APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO



.....

Blgo. Marianela Cobos Ruíz, Dra.
Presidente



.....

Blgo. Alvaro Bejnamin Tresierra Ayala, Dr.
Miembro



.....

Ing. Gustavo Fernando Gamarra Ramiréz, M. Sc.
Miembro



.....

Ing. Carmen Patricia Cerdeña Del Aguila, Dra.
Asesora

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Portada	i
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Hoja de aprobación	v
Índice de contenido	vi
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos	viii
Resumen y palabras clave	ix
Abstract	x
Capítulo I: Marco teórico	**1**
1.1. Antecedentes del estudio	1
1.2. Bases teóricas	4
1.2.1. Biomasa	4
1.2.2. Stock de carbono	6
1.3. Definición de términos básicos	8
Capítulo II: Planteamiento del problema	**10**
2.1. Descripción del problema	10
2.2. Formulación del problema	11
2.2.1. Problema general	11
2.2.2. Problemas específicos	11
2.3. Objetivos	11
2.3.1. Objetivo general	11
2.3.2. Objetivos específicos	11
2.4. Hipótesis	12
2.4.1. Hipótesis de la investigación	12
2.5. Variables	12
2.5.1. Identificación de las variables	12
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables	12
2.5.3. Operacionalización de las variables	13

Capítulo III: Metodología **14**
3.1. Tipo y diseño de investigación 14
3.2. Población y muestra 14
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos 15
3.3.1. Técnicas de recolección de datos 15
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos 16
3.3.3. Procedimientos de recolección de datos 17
3.3.3.1. Cuantificación de la biomasa aérea en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja 17
- Cálculo del volumen maderable comercial 17
- Cálculo de la biomasa aérea 17
- Cálculo de la biomasa radicular 17
- Cálculo de la biomasa total 17

3.3.3.2. Cuantificación del stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja 18
- Cálculo del stock de carbono 18

3.3.3.3. Establecer la interacción de la biomasa y el stock de carbono con el diámetro de los fustes de los árboles del bosque de terraza baja 18
3.4. Procesamiento y análisis de datos 18
Capítulo IV: Resultados **19**
4.1. Cuantificar la biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto. 19
4.2. Cuantificar el stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto. 22
4.3. Determinar estadísticamente si la biomasa y el stock de 25

carbono están directamente relacionados al diámetro de los fustes de los árboles del bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.
4.3.1. Prueba de normalidad 25
4.3.2. Prueba de Rho de Spearman 25
Capítulo V: Discusión, conclusiones y recomendaciones 27
5.1. Discusión 27
5.1.1. Stock de carbono 27
5.1.2. Correlación del DAP con la biomasa y el stock de carbono 28
5.2. Conclusiones 30
5.3. Recomendaciones 31
Referencias Bibliográficas 32
Anexos 38
Anexo 1. Matriz de consistencia 39
Anexo 2. Formato para la toma de datos del inventario forestal 40
Anexo 3. Formato de datos para la estimación de la biomasa y stock de carbono 41
Anexo 4. Mapa de ubicación del área de estudio 42
Anexo 5. Especies, géneros, familias y número de árboles del bosque evaluado 43
Anexo 6. Número de árboles por familia del bosque de terraza baja 43
Anexo 7. Número de árboles por especie del bosque de terraza baja 44
Anexo 8. Volumen por clase diamétrica y por especie del bosque evaluado 45
Anexo 9. Volumen maderable por especie y por hectárea del bosque evaluado 46
Anexo 10. Volumen maderable por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado 46
Anexo 11. Galería de fotos del inventario forestal 47

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
1.	Biomasa por clase diamétrica y por especie del bosque de terraza baja	21
2.	Stock de carbono por clase diamétrica y por especie del bosque de terraza baja	24
3.	Prueba de normalidad para los datos del bosque de terraza baja	25
4.	Correlación entre la variable DAP y biomasa del área evaluada	25
5.	Correlación entre la variable DAP y stock de carbono del área evaluada	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pág.
1.	Biomasa por especie y por hectárea del bosque evaluado	20
2.	Biomasa por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado	20
3.	Stock de carbono por especie y por hectárea del bosque evaluado	22
4.	Stock de carbono por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado	23

RESUMEN

Se determinó la biomasa y stock de carbono en un bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periódo 2019-2020, Loreto. Se evaluaron los datos del inventario forestal de las especies comerciales de la parcela de corta (PC)1. La biomasa seca se estimó en forma indirecta utilizando el volumen comercial y la densidad básica. Se registraron en total 116 árboles, agrupados en 17 especies forestales comerciales y 11 familias botánicas. Se estimó una biomasa total de 22 851 652,07 kg (19 363,84 kg/ha) y un stock de carbono total de 11 425,83 tC (9,68 tC/ha). La clase diamétrica que contiene el mayor stock de carbono es la de 40 cm a 49 cm (3,09 tC/ha y 3 650,86 tC), seguida de las clases diamétricas de 50 cm a 59 cm (1,98 tC/ha y 2 331,29 tC) y de 30 cm a 39 cm (1,89 tC/ha y 2 230,04 tC). *Virola loretensis* (2,16 tC/ha y 2 543,78 tC) reporta el mayor stock de carbono, seguida de *Eschweilera grandiflora* (1,53 tC/ha y 1 804,03 tC), *Cedrelinga cateniformis* (1,31 tC/ha y 1 545,76 tC) y *Otoba glycicarpa* (1,21 tC/ha y 1 430,17 tC). La correlación es alta entre el DAP y la biomasa (r=0,90) y el stock de carbono (r=0,91).

Palabras claves: Biomasa, stock de carbono, terraza baja, distrito del Napo, Loreto.

ABSTRACT

The biomass and carbon stock were determined in a low-terrace forest of the Napo district, Loreto, during the 2019-2020 period. The data of the forest inventory of the commercial species of the cutting plot (PC) 1 was evaluated. Dry biomass was estimated indirectly using commercial volume and basic density. A total of 116 trees were registered, grouped into 17 commercial forest species and 11 botanical families. A total biomass of 22 851 652,07 kg (19 363.84 kg/ha) and a total carbon stock of 11 425,83 tC (9,68 tC/ha) were estimated. The diameter class of 40 cm to 49 cm contains the largest carbon stock (3,09 tC/ha and 3650,86 tC), followed by the diameter classes of 50 cm to 59 cm (1,98 tC/ha and 2 331,29 tC) and from 30 cm to 39 cm (1,89 tC/ha and 2 230,04 tC). *Virola loretensis* (2,16 tC/ha and 2 543,78 tC) reports the highest carbon stock, followed by *Eschweilera grandiflora* (1,53 tC/ha and 1804,03 tC), *Cedrelinga cateniformis* (1,31 tC/ha and 1545.76 tC) and *Otoba glycicarpa* (1,21 tC/ha and 1430.17 tC). The correlation between DBH and biomass is high (r = 0,90) and carbon stock (r = 0,91).

Keywords: Biomass, carbon stock, low terrace, Napo district, Loreto.

Capítulo I: Marco teórico

1.1. Antecedentes del estudio

En un estudio realizado por Escobar, sobre valoración económica del secuestro de CO_2 en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo en Loreto-Perú, indica que la biomasa seca total preciada contenida en los árboles de todas las 7 especies comerciales del bosque evaluado haciende a un total de 5 563,240 kg, donde *Maquira coriacea* tiene la más grande proporción de biomasa seca de 4 166,610 kg, seguido de *Calycoohyllum spruceanum* con 1 300,970 t; mientras que las cinco especies restantes suman en total 95 660 kg de biomasa seca. Esta biomasa está directamente influenciada por el volumen maderable y por la densidad de la madera(1).

En un estudio realizado por Frias, sobre biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela en Loreto-Perú, menciona que las 25 especies del bosque de terraza baja que reportan los mayores valores de biomasa de 169 490 kg/ha (88,33%) de un total de 191 880 kg/ha. Las cinco especies con mayor biomasa verde son: *Eschweilera bracteosa* “machimango negro” (32 900 kg/ha), *Dipterix odorata* “charapilla” (19 270 kg/ha), *Buchenavia amazonia* “yacushapana” (14 990 kg/ha), *Guatteria elata “*carahuasca” (14 440 kg/ha) y *Licania octandra* “parinarillo” (10 810 kg/ha) y menores valores muestran las especies *Cariniana decandra* “papelillo” (2120 kg/ha), *Castilla ulei* “caucho” (2030 kg/ha) y *Helicostylis tomentosa* “misho chaqui” (1800 kg/ha)(2).

En un estudio realizado por Sosa, sobre valoración económica del secuestro de CO_2 en 3 tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay en Loreto-Perú, muestra que las 25 especies del bosque de terraza baja que reportan los mayores valores de biomasa total suman 177 820 kg/ha (82,33%) de un total de 215 970 kg/ha. Las especies con más biomasa verde son: *Inga ingoides* “shimbillo” (24 760 kg/ha), *Tachigali paniculata* “tangarana” (24 130 kg/ha), *Eschweilera parvifolia* “machimango negro”

(18 500 kg/ha) y *Pouteria pubescens "*caimitillo" (12 350 kg/ha) y menores valores muestran las especies *Miconia amazónica* "rifari" (2450 kg/ha), *Vismia baccifera* "pichirina" (2430 kg/ha) y *Hymenaea oblongifolia* "azúcar huayo" (2410 kg/ha)(3).

En un estudio realizado por Rojas, sobre costo económico del volumen maderable y costo económico del secuestro de CO_2, en 2 tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem del Marañon en Loreto, apunta que la biomasa total contenida en cada una de las especies forestales comerciales y a lo largo del bosque de terraza baja con drenaje pobre sube a un total de 2 507 510 kg, donde choro caspi tiene la más grande proporción de biomasa con 652 120 kg, seguida de papelillo (530 110 kg), yacushapana (406 780 kg), cumala blanca (253 580 kg) y tornillo (182 010 kg). Las especies con menor biomasa son moena (5190 kg), aguanillo (9570 kg), quillobordón (20 420 kg), palisangre (30 080 kg), ana caspi (88 930 kg), quinilla (150 330 kg) y huayruro (161 770 kg); además, la biomasa total contenida en el bosque de terraza baja con drenaje moderado reporta un total de 4 809,900 kg, donde papelillo tiene la más grande proporción de biomasa de 1 211,200 kg, seguida de choro caspi (976 450 kg), tornillo (833 020 kg), yacushapana (570 540 kg), huayruro (317 850 kg) y aguanillo (252 510 kg). Las especies con menor biomasa son tangarana (22 830 kg), palisangre (23 270 kg), moena (34 620 kg), pashaco (35 330 kg), quillobordón (35 640 kg) y ana caspi (55 250 kg)(4).

En un estudio realizado por Riofrio, sobre valoración económica del secuestro de CO_2 en 2 tipos de bosque en el distrito de Urarinas en Loreto-Perú, confirma que las 25 especies del bosque de terraza baja con drenaje muy pobre reportan en total 78 520 kg/ha (80,43%) de un total de 97 620 kg/ha. Las especies con más biomasa verde son *Otoba glycycarpa* "cumala aguanillo" (5370 kg/ha), *Virola loretensis* "cumala blanca" (4890 kg/ha), *Carapa guianensis* "andiroba" (4820 kg/ha) y *Virola pavonis "*cumala caupuri" (4480 kg/ha); mientras que menores valores muestran *Maquira coriacea* "capinuri" (2060 kg/ha), *Macoubea sprucei* "loro micuna" (2030 kg/ha) y *Terminalia amazónia* "yacushapana" (1740 kg/ha); por el

contrario el bosque de terraza baja con drenaje moderado presenta 53 650 kg/ha (81,07%) de un total de 66 180 kg/ha; donde *Virola albidiflora* “cumala” (3560 kg/ha), *Otoba parvifolia* “cumala aguanillo” (3250 kg/ha), *Calophyllum brasiliense* “lagarto caspi” (3180 kg/ha), *Ocotea longifolia* “moena” (3120 kg/ha) y *Pouteria hispida* “quinilla” (2860 kg/ha) son las especies que muestran los más altos valores de biomasa verde y menores valores tienen *Cedrela odorata* “cedro colorado” (1520 kg/ha), *Virola albidiflora* “cumala blanca” (1340 kg/ha) y *Maquira coriácea* “capinuri” (1320 kg/ha)(5).

Los valores del stock de carbono para todas las especies comerciales registradas y para todo el bosque suman un total de 2781,62 tC. Además, cabe indicar que la especie *Maquira coriacea* reporta el más grande stock de 2083,31 tC, seguida de *Calycophyllum spruceanum* con 650 tC; mientras que las cinco especies restantes tenían solo 47,35 tC(6).

Las reservas de carbono de 25 especies forestales del bosque de terraza baja registraron el valor màs alto obtenido en 84,41 tC/ha que es el 88,34% del total de 95,55 tC/ha, mientras que el bosque de terraza alta es de 70,55 tC/ha (66,24%) del total 106,51 tC/ha y el bosque de colina baja 71,39 tC/ha (71,10%) del total de 100,41 tC/ha. Las especies que presentan el más alto contenido de carbono total del área de estudio son: *Eschweilera bracteosa* “machimango negro” (116,38 tC/ha) y *Pouteria guianensis* “caimitillo” (9,26 tC/ha) y menores valores reportan las especies *Helicostylis tomentosa* “misho chaqui” (0,90 tC/ha), *Virola peruviana* “cumala blanca” (1,11 tC/ha) y *Sloanea guianensis* “cepanchina” (0,84 tC/ha)(7).

Las reservas de carbono de las 25 principales especies del bosque de terraza baja tienen un valor de 88,55 tC/ha (82,33%) de un total de 107,55 tC/ha. Las cinco especies con mayor contenido de carbono son: *Inga ingoides* “shimbillo” (12,33 tC/ha), *Tachigali paniculata* “tangarana” (12,01 tC/ha), *Eschweilera parvifolia* “machimango negro” (9,21 tC/ha), *Pouteria pubescens* “caimitillo” (6,15 tC/ha) y *Pouteria procera* “quinilla” (5,96 tC/ha)(8).

Los resultados muestraron que el stock de carbono en los bosque de terraza baja con drenaje pobre fue de 1253,76 tC, con choro caspi que contenía el stock de carbono más alto con 326,06 tC, seguido de papelillo (265,06 tC), yacushapana (203,39 tC), cumala blanca (117,69 tC) y tornillo (91,01 tC). Las especies con las reservas de carbono más bajas registradas son moena (2,60 tC), aguanillo (4,79 tC), quillobordón (10,21 tC), palisangre (15,04 tC), ana caspi (44,47 tC), quinilla (75,17 tC) y huayruro (80,89 tC). Mientras que el bosque de terraza baja moderadamente drenado contiene 42,97 tC, el papelillo tiene las mayores reservas de carbono con 363,36 tC, seguido de choro caspi (292,94 tC), luego tornillo (249,91 tC), yacushapana (171,97 tC), huayruro (95,36 tC) y aguanillo (75,75 tC). Las especies con menores existencias de carbono fueron tangarana (6,85 tC), palisangre (6,98 tC), moena (10,39 tC), pashaco (10,60 tC), quillobordón (10,69 tC), ana caspi (16,58 tC) y quinilla (43,46 tC)(9).

Las reservas de carbono de 25 especies tuvieron el valor más alto para los bosques de terraza baja con muy mal drenaje con 39,10 tC/ha lo que representó el 80,42% del total de 48,62 tC/ha. Las cinco especies más ricas en carbono son: *Otoba glycycarpa* “cumala aguanillo” (2,68 tC/ha), *Virola loretensis* “cumala blanca” (2,44 tC/ha), *Carapa guianensis* “andiroba” (2,40 tC/ha), *Virola pavonis* “cumala caupuri” (2,23 tC/ha) y *Virola peruviana* “cumala blanca” (2,19 tC/ha). Por el contrario los bosques de terrazas bajas moderadamente drenadas produjeron 26,72 tC/ha lo que representó el 81,07% del total de 32,96 tC/ha. Las cinco especies más ricas en carbono son *Virola albidiflora* “cumala” (1,77 tC/ha) *Otoba parvifolia* “cumala aguanillo” (1,62 tC/ha), *Calophyllum brasiliense* “lagarto caspi” (1,58 tC/ha), *Ocotea longifolia* “moena” (1,55 tC/ha) y *Pouteria hispida* “quinilla” (1,42 tC/ha)(10).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Biomasa

La biomasa es la cantidad de materia orgánica (en peso) presente en una determinada, que en un caso dado de un inventario forestal, se limita solo

a la extensión representada por la vegetación. La cantidad de carbono secuestrado se puede considerar como parte de la biomasa, su proporción depende del tipo de especie y su cuenta se puede derivar de esto(11).

El termino biomasa significa toda materia orgánica renovable de origen vegetal o animal o como resultado de su transformación natural o artificial, que se encuentra como subproducto de las industrias agrícolas. Debido a la alta demanda de combustibles fósiles que existe en la actualidad, las personas están buscando una fuente de energía alternativa para satisfacer sus necesidades básicas, ya que utilizan fuentes de energías alternativas llamadas energías renovables, para encontrar biomasa(12).

La biomasa aérea total se estimó para cada individuo con base en el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total. Es mejor utilizar formularios creados en condiciones similares a aquellas en las que se aplicarán, especialmente en términos de tamaños y densidad de árboles(13).

La biomasa de los árboles también se puede estimar de otra manera que no sea utilizando modelos de biomasa. Por lo general, se calcula por stock, comercio o volumen total. Para convertir este volumen en biomasa, se requiere una densidad básica de madera que pueda convertir el volumen húmedo en biomasa(14).

La biomasa representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las partes aéreas y subterráneas de un ecosistema. La porción aérea de la biomasa vegetal se puede dividir en 1) la biomasa aérea total: el peso seco del material vegetal vegetal, incluidos los tallos, la corteza, las ramitas, las hojas, las semillas y las flores, en la superficie del suelo a la copa del árbol. 2) Biomasa del tallo: La biomasa que fluye desde la superficie del suelo donde comienza el tallo o tronco hasta la primera rama del árbol donde comienza la copa. 3) Biomasa foliar: la biomasa desde el punto más alto del dosel o dosel hasta la primera rama, es decir, la diferencia entre la biomasa aérea total y la biomasa del tallo(15).

Las plantas usan la luz del sol para crecer. La materia orgánica de las plantas se llama biomasa y almacena energía solar en forma de carbono durante cortos períodos de tiempo. La biomasa es parte del ciclo natural del carbono entre la tierra y la atmósfera(16).

Biomasa es sinónimo de biomasa y esta se entiende como la cantidad total de materia orgánica en un ecosistema en un momento dado. En el caso de la biomasa vegetativa, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en su estructura como biomasa con el sol como fuente primaria, generalmente expresada en unidades de materia orgánica muerta (toneladas/ha)(17).

1.2.2. Stock de carbono

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero presente en la atmósfera. Las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y otros procesos, aumentan significativamente sus concentraciones en la atmósfera, lo que contribuye al calentamiento global(18).

La captura o secuestro de carbono forestal es un proceso continuo de fijación natural o antropogénica de carbono en diferentes usos de la tierra, es decir, en sumideros de carbono(19). La captura de carbono es un proceso derivado de la fotosíntesis. El dióxido de carbono en la atmósfera y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno, que ingresa a la atmósfera(20).

La pérdida de carbono o la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera curren a través de la respiración de plantas, organismos aeróbicos, animales y suelos, y la descomposición de materia orgánica muerta o particulada, aunque la respiración por la vegetación y la descomposición de la materia orgánica libera cantidades significativas de carbono. Dióxido de carbono a la atmósfera que ha estado en equilibrio durante siglos con la absorción de dióxido de carbono por las plantas en la tierra y en los océanos(21).

Los bosques tropicales y templados del mundo tienen el potencial de secuestrar y almacenar más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participar en el 90% de la transferencia anual de carbono entre la atmósfera y el suelo. La materia vegetal contiene en promedio un 50% de carbono una vez que se elimina el agua. Dicho monitoreo se puede realizar en cualquier ecosistema y la información que contiene ayuda a establecer la capacidad de almacenamiento del bosque con respecto a ciertas variables ambientales(22).

La reserva es todo lo que se almacena durante la fotosíntesis y la respiración, como lo demuestra el crecimiento del tallo, la ramificación, la producción de hojas y el enraizamiento. Las formaciones y los flujos forestales son todos procesos que afectan las poblaciones. Al medir la escorrentía forestal se toma en cuenta la variable tiempo y se muestrean los siguientes factores: rendimiento, que es el resultado de la diferencia entre la muerte de tallos, ramas, hojas y raíces; pudrición de la madera y desechos causados por organismos degradados.(23). Las reservas de carbono se expresan en peso por unidad de área (por ejemplo, ton / ha). Por ejemplo, la biomasa forestal total es una reserva, generalmente expresada en toneladas / ha, e incluye el carbono almacenado en tallos, ramitas, hojas, raíces, madera muerta, hojarasca y suelos forestales(24).

Un área específica del bosque se considera un sumidero de carbono si la cantidad de carbono almacenado aumenta con el tiempo. Es decir, si el cambio en las existencias de carbono es positivo. En un bosque, esto ocurre si los flujos que agregan carbono al stock, como el crecimiento, son mayores que los flujos que reducen el stock, como la mortalidad, durante un período de tiempo. Por otro lado, un área boscosa es una fuente de carbono cuando la reserva de carbono disminuye con el tiempo. En general, la conclusión es que los cambios en las existencias de carbono se producen debido a un equilibrio entre todos los flujos dentro o fuera de la composición. Por lo tanto, es importante estudiar las reservas y los flujos de carbono para obtener una imagen completa del ciclo del carbono en un bosque(25).

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades humanas se han identificado como la principal causa del cambio climático global. El dióxido de carbono es uno de los gases con mayor impacto en el calentamiento global, y es necesario conocer un poco sobre el impacto del carbono en la superficie terrestre y su papel en la atmósfera, en definitiva, como parte del ciclo del proceso de carbono(26).

1.3. Definición de términos básicos

Árboles: Son plantas leñosas perennes que tienen un fuste y una copa bien diferenciada (5)**.**

Altura comercial: Es la medición del fuste de las especies forestales que tienen valor comercial, o sea el tamaño del fuste limpio (10).

Biomasa: Recolección de materias orgánicas renovables de origen vegetal o animal o su modificación natural o sintética (27).

Biomasa aérea: Conformada por las estructuras leñosas aéreas de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo (5).

Biomasa radicular: Representada por los sistemas radiculares, constituyendo otros sumideros de carbono (5).

Bosque de terraza baja: Se encuentra generalmente a un nivel superior del río, por tal condición se inunda periódicamente debido a las crecientes eventuales o crecientes grandes. Por las fluctuaciones hídricas y por su cercanía a los cursos de agua, están constituidos por terrenos con pendientes que varían de 0% a 2%(28).

Bosque: Es una superficie con árboles y arbustos. En general los bosques contienen un gran número de árboles maduros de diferentes especies y alturas combinadas con capas de vegetación baja, lo que proporciona una eficiente distribución de la luz solar(29).

Carbono: Elemento químico sólido no metálico presente en todos los compuestos orgánicos y algunos compuestos inorgánicos. En su estado puro, se presenta como el diamante o el grafito. Su símbolo es C y número atómico 6. El carbono entra constantemente a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, metano y otros gases(30).

Dioxido de carbono (CO_2): Gas incoloro, inodoro y con ligero sabor ácido. Formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno(31).

DAP: Diámetro a la altura del pecho, es la medición del diámetro del árbol en pie a 1,30 m de altura de la base (3).

DMC: Diámetro mínimo de corta, es el diámetro de un árbol en pie a partir del cual está permitido talarlo con fines comerciales (36).

Especies: Conjunto de elementos semejantes entre sí por tener uno o varios caracteres comunes(32).

Modelo alométrico: Es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente. La primera puede ser estimada a partir de métodos destructivos o a partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (DAP y altura). A partir de estos datos, se puede establecer el grado de relación entre ésta y alguna variable derivada como biomasa (30).

Relación o Asociación: Es la afinidad que puede ocurrir entre dos variables de un mismo material de investigación (46).

Stock de carbono: Es todo aquello que se encuentra almacenado en los componentes del bosque y los flujos son todos los procesos que afectan el stock(33).

Capítulo II: Planteamiento del problema

2.1. Descripción del problema

El cambio climático global se considera actualmente un problema global porque tiene mucho que ver con las actividades humanas que afectan la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El dióxido de carbono (CO_2) juega un papel importante ya que, junto con otros gases, absorbe y emite radiación a la atmósfera(34).

En Perú, los bosques se ven afectados por el cambio de uso de la tierra, lo que representa una seria amenaza para su preservación (35). Debido a esta posición, han estado durante mucho tiempo en un estado de uso constante de recursos, porque hasta el día de hoy los humanos aún mantienen una mentalidad depredadora y nunca aprecian la riqueza que brindan los bosques de amazonía.

El aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera es una preocupación mundial, ya que está clasificado como uno de los principales gases asociados con el efecto invernadero, lo que contribuye aún más al cambio climático (36). Una forma de mitigar este problema es almacenar carbono en los bosques tropicales como estrategia para reducir los efectos de la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

El escaso conocimiento de la biomasa y las reservas de carbono almacenadas en los bosques es una preocupación en nuestra región, ya que desempeñan un papel importante en la mitigación y el control del calentamiento global.

Los bosques se están volviendo cada vez más importantes a nivel mundial, ya que es probable que se reconozca que están sumergidos en el ciclo del carbono. Sin embargo, la falta de información cuantitativa sobre la biomasa y el carbono almacenados es particularmente importante (37).

Uno de los principales riesgos que puede poner en peligro la sostenibilidad del carbono almacenado en los bosques son los riesgos asociados con la demanda de productos agrícolas y / o ganaderos que son un importante impulsor de la deforestación.

Actualmente, no se dispone de información sobre la biomasa y las existencias de carbono en este bosque, por lo que es necesario cuantificar mediante la aplicación de modelos alométricos utilizando valores de diámetro, altura y densidad basica de las especies arbóreas..

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuánto será la biomasa y stock de carbono en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuanto será la biomasa en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto?
- ¿Cuanto será el stock de carbono en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Calcular la biomasa y el stock de carbono en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

2.3.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.
- Cuantificar el stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.
- Determinar estadísticamente si la biomasa y el stock de carbono están directamente relacionados al diámetro de los fustes de los árboles del

bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis de la investigación

- Existe correlación entre la biomasa y el stock de carbono en un bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

La variable independiente (X) está representada por las especies forestales, donde el indicador es la composición florística y sus índices son el número de especies, número de géneros y número de familias; mientras que la variable dependiente (Y) está constituida por la biomasa y el stock de carbono cuyos indicadores son el peso de la biomasa por árbol y por especie y el peso de carbono almacenado por árbol y por especie; además, los índices incorpora a kilogramos por hectárea (kg/ha) y toneladas de carbono por hectárea (tC/ha).

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Especies forestales	Conjunto de elementos semejantes entre sí por tener uno o varios caracteres comunes	Se medirá mediante en número de especies.
Biomasa	Peso de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo.	Se logrará a través del peso de la biomasa por árbol y por especie.
Stock de carbono	Cantidad de carbono guardado en una reserva en un determinado momento.	Se obtendrá a partir de la biomasa utilizando la fórmula respectiva.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Instrumento
Independiente (X)					
Especies forestales	Conjunto de elementos semejantes entre sí por tener uno o varios caracteres comunes.	Se medirá mediante el número de especies.	Composición florística	No. de especies No. de géneros No. de familias	Fichas de registro de las especies forestales existentes del bosque en estudio
Dependiente (Y)					
Biomasa	Peso de la materia orgánica, por encima y por debajo del suelo.	Peso de la biomasa por árbol y por especie.	- Peso de la biomasa por árbol y por especie	kg/ha	Formato de registro de información dasométrica de los individuos arbóreos de las especies forestales.
Stock de carbono	Cantidad de carbono guardado en una reserva en un determinado momento	Se obtendrá a partir de la biomasa utilizando la fórmula respectiva.	- Peso del carbono almacenado por árbol y por especie	tC/ha	Base de datos del inventario y la hoja de cálculos en Excel y SPSS.

Capítulo III: Metodología

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es del tipo descriptivo y cuantitativo, de nivel básico; basada en el registro de los datos dasométricos de todos los individuos arbóreos comerciales existentes en el bosque de estudio.

El estudio se realizó en el bosque de terraza baja de la comunidad nativa Santa María-río Curaray con la finalidad de elaborar el Plan de Manejo Forestal Intermedio para permisos de aprovechamiento forestal en comunidades nativas (CC. NN) y comunidades campesinas en un área aproximada de 1180,12 ha. Las coordenadas UTM que enmarcan al área de estudio son: V1 (9744489 N y 579025 E); V2 (9744936 N y 581309 E); V3 (9745870 N y 581497 E) y V4 (9745925 N y 581389 E). Políticamente, se ubica en la jurisdicción del distrito del Napo, provincia de Maynas, Región Loreto (Anexo 4).

Para llegar al área evaluada se parte desde la ciudad de Iquitos (Puerto Masusa) hasta la localidad de Mazán en transporte fluvial en un tiempo aproximado de 40 minutos a una distancia de 29,38 km; luego desde este punto (Localidad de Mazán) se llega hasta la CC. NN de Clotilde en aproximadamente 5 horas en un recorrido de 124,97 km. Se continúa el viaje hasta arribar a la CC. NN de Santa María en 12 horas y 20 minutos a una distancia de 71,74 km y finalmente a la parcela de corta (PC 1) se arriba en 30 minutos en un trayecto de 2,05 km. Cabe indicar que las unidades que se utilizaron para llegar al área de estudio fueron los transportes llamados rápidos y peque peque de 9 HP.

3.2. Población y mustra

La población de estudio estuvo conformada por todas las especies forestales con ≥ a 30 cm de DAP existente en el bosque de terraza baja en un área de 1180,12 ha. La muestra estuvo compuesta por 17 especies forestales comerciales con ≥ a 30 cm de DAP distribuidas al azar en 34 unidades de muestreo de 0,5 ha cada una.

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Este estudio se inició con los datos de campo ya recolectados en la PC 1 del bosque de terraza baja de la CC. NN considerada en el estudio. En esta etapa se utilizó la técnica del inventario forestal; que es un método de recolección y registro de los diferentes árboles forestales que conforman el bosque, por medio de pequeñas parcelas de muestreo en una determinada área (Figura 1).

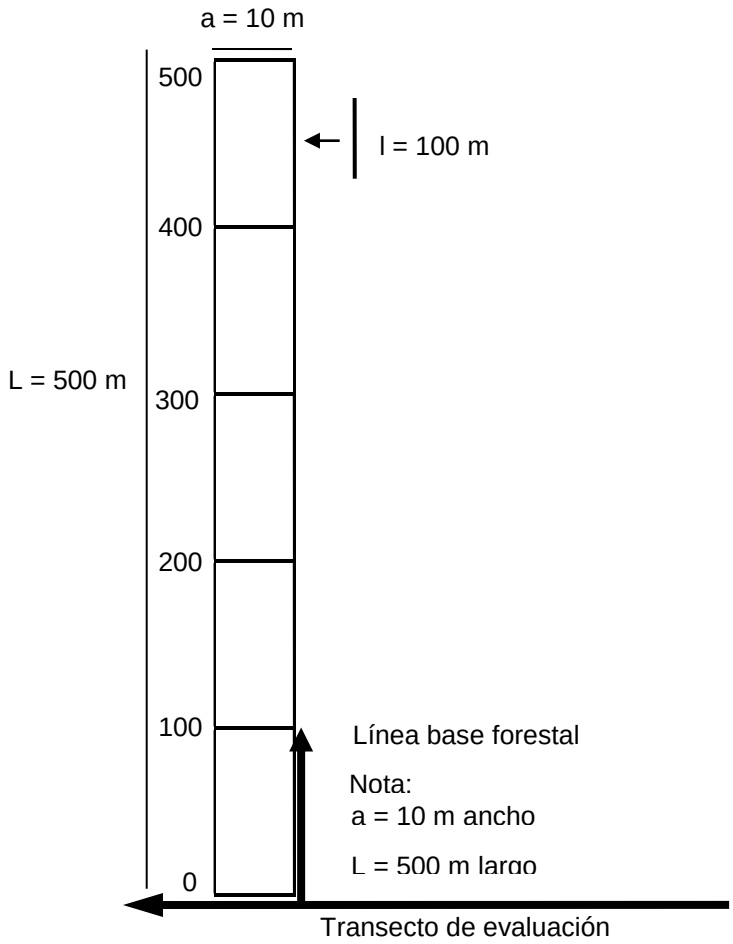


Figura 1. Diseño del transecto de evaluación

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados fueron la ficha de registro de inventario que consigna el nombre de la especie, su DAP, su altura comercial, sus coordenadas UTM y algunas observaciones (Ver Anexo 2 y 3).

3.3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.3.1. Cuantificación de la biomasa aérea en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja

- **Cálculo del volumen maderable comercial**

El volumen maderable fue calculado para cada individuo arbóreo teniendo en cuenta su DAP ≥ 30 cm, su altura comercial y el coeficiente de forma de 0,65 para especies forestales de bosques tropicales. Inicialmente se calculó el área basal mediante la siguiente fórmula(38).

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

Donde: AB = área basal (m^2); DAP = diámetro a la altura del pecho (m).
Con este dato se calculó el volumen comercial aplicando la siguiente fórmula(39).

$$Vc = AB * Hc * Ff$$

Dónde: Vc = volumen comercial (m^3); AB = área basal (m^2); Hc = altura comercial (m); Ff = factor de forma (0,65).

- **Cálculo de la biomasa áerea**

Para el cálculo de la biomasa aérea en las especies forestales existentes en el bosque evaluado, se utilizó la siguiente fórmula(40).

$$Bsa = Vc * DB * FEB$$

Dónde: Bsa = biomasa seca aérea (kg); Vc = volumen comercial del árbol (m^3); DB = densidad básica de la madera de una especie en particular (kg/m^3)(41); FEB= factor de expansión de biomasa (2,25)(42).

- **Cálculo de la biomasa radicular**

Esta estimación se realizó teniendo en cuenta que la biomasa radicular es el 20% del peso de la biomasa aérea(43).

$$Br = (0{,}20)\ Ba$$

Donde: Br= biomasa radicular (kg); Ba = biomasa aérea (kg)

- **Cálculo de la biomasa total**

Para el cálculo de la biomasa total se procedi a sumar la biomasa aérea más la biomasa radicular(44).

$$B_t = Ba + Br$$

Dónde: Bt = biomasa total (kg); Ba= biomasa aérea (kg); Br = biomasa radicular (kg).

Debe precisarse que esta biomasa total estimada constituye la biomasa seca, por tanto al utilizar la densidad básica, la que relaciona el peso seco con el volumen verde de la madera, ya no se tiene que descontar el 40% del peso que correspondería al agua contenida en la biomasa.

3.3.3.2. Cuantificación del stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja

- **Cálculo del stock de carbono**

Para cuantificar el stock de carbono por individuo arbóreo del bosque evaluado se multiplicó la biomasa total por 0,5 teniendo en cuenta que la materia seca contiene en promedio un 50% de carbono almacenado(45).

$$C = 0{,}5\ (B_t)$$

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

3.3.3.3. Establecer la interacción de la biomasa y el stock de carbono con el diámetro de los fustes de los árboles del bosque de terraza baja

La normalidad de los datos se determinó mediante la prueba de Kolmogoroff-Smirnoff o Shapiro-Wilk, utilizando los datos del DAP y altura comercial de las especies forestales existentes en el bosque de terraza baja. El resultado indica que los datos no son normales por consiguiente se aplicó la prueba no paramétrica de Rho de Spearman(46).

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

Donde:

r_s= Coeficiente de correlación por rangos de Spearman

d = Diferencia entre los rangos (X menos Y)

n= Número de datos

3.4. Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de la información se realizó a través de los programas de Excel y SPSS, obteniéndose al final los cuadros y figuras que se muestran en los resultados.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Cuantificar la biomasa en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

La cantidad de biomasa por clase diamétrica y por especie del bosque evaluado se presenta en la tabla 1. Los resultados indican una biomasa de 19 363,84 kg/ha de un total de 22 851 652,07 kg, donde *Virola loretensis* muestra la mayor cantidad de biomasa de 4 311,05 kg/ha y 5 087 554,43 kg, seguida de *Eschweilera grandiflora* con 3 057,36 kg/ha y 3 608 051,90 kg, *Cedrelinga cateniformis* con 2 619,66 kg/ha y 3 091 515,81 kg y *Otoba glycicarpa* con 2 423,76 kg/ha y 2 860 331,58 kg; mientras que las especies con menor biomasa son *Matisia intricata* con 56,67 kg/ha y 66 874,08 kg y *Carapa guianensis* con 71,06 kg/ha y 83 861,67 kg.

Las clases diamétricas de 40 cm a 49 cm (6 187,27 kg/ha y 7 301 716,99 kg), de 50 cm a 59 cm (3 950,93 kg/ha y 4 662 570,80 kg) y de 30 cm a 39 cm (3 779,35 kg/ha y 4 460 081,55 kg) reportan los más altos valores de biomasa; mientras que las clases diamétricas de 60 cm a 69 cm (1 349,72 kg/ha y 1 592 835,08 kg) y de 70 cm a 79 cm (1 739,55 kg/ha y 2 052 875,69 kg) presentan los menores valores de biomasa.

El gráfico 1 muestra la biomasa por especie y por hectárea en el bosque evaluado, donde se observa que *Virola loretensis* es la que contiene la mayor biomasa con 4 311,05 kg/ha, seguida de *Eschweilera grandiflora* con 3 057,36 kg/ha, *Cedrelinga cateniformis* con 2 619,66 kg/ha y *Otoba glycicarpa* con 2 423,76 kg/ha. En el gráfico 7 se observa que la clase diamétrica de 40 cm a 49 cm es la que registra la mayor biomasa por hectárea de 6 187,27 kg/ha, seguida de la clase de 50 cm a 59 cm con 3 950,93 kg/ha y la clase de 30 cm a 39 cm con 3 779,35 kg/ha; mientras que menor valor registra la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm con 1 349,72 kg/ha.

Gráfico 1. Biomasa por especie y por hectárea del bosque evaluado

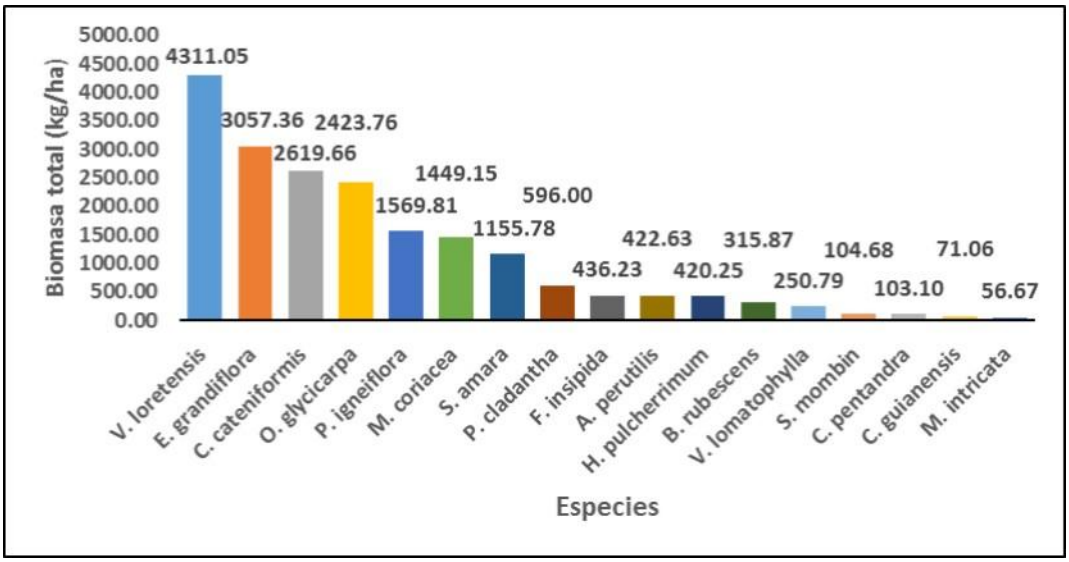


Gráfico 2. Biomasa por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado

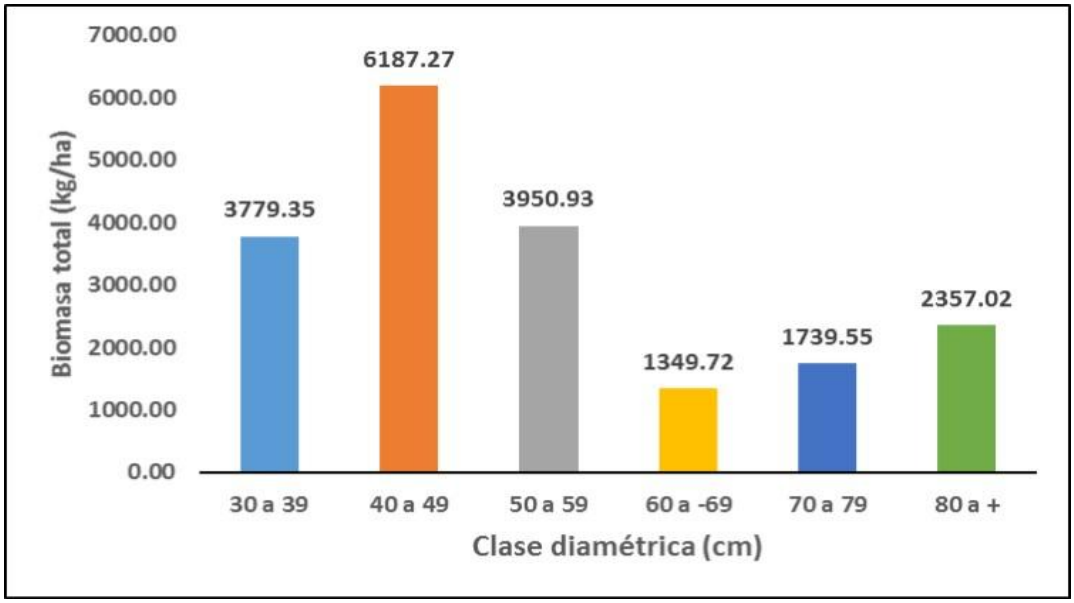


Tabla 1. Biomasa por clase diamétrica y por especie del bosque de terraza baja

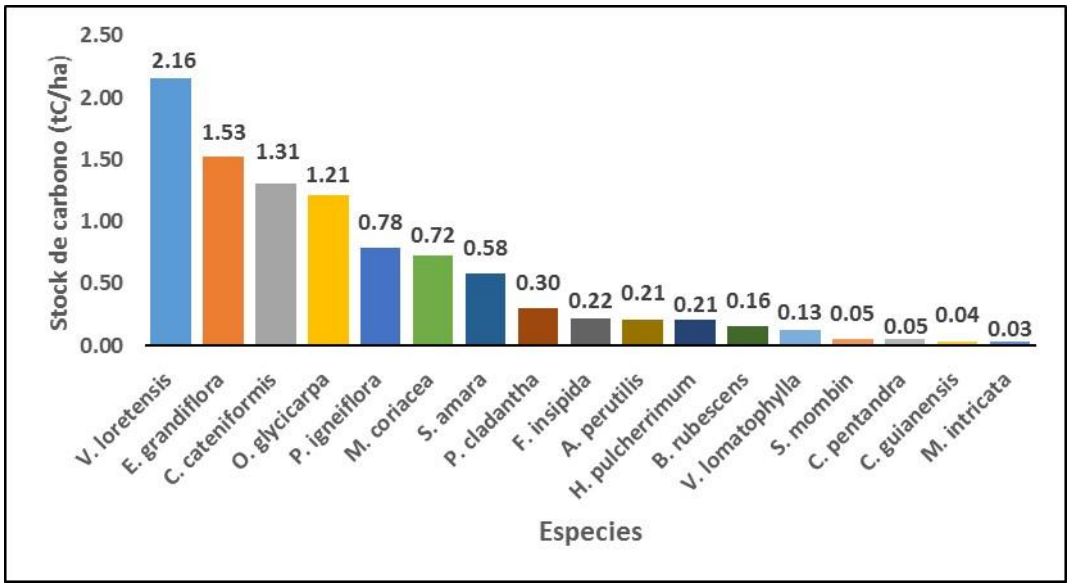
	Biomasa por clase diamétrica (kg/ha)							
Especies	**30 a 39**	**40 a 49**	**50 a 59**	**60 a 69**	**70 a 79**	**80 a +**	**Biomasa (kg/ha)**	**Biomasa total (kg)**
V. loretensis	961,39	1 415,88	1 109,19		357,57	467,03	4 311,05	5 087 554,43
E. grandiflora	373,25	1 106,29	1 078,10	499,72			3 057,36	3 608 051,90
C. cateniformis		361,88		367,78		1 890,00	2 619,66	3 091 515,81
O. glycicarpa	737,63	932,62	504,24	249,28			2 423,76	2 860 331,58
P. igneiflora	81,37	797,91	245,55		444,97		1 569,81	1 852 558,50
M. coriacea	226,73	254,50	467,14		500,78		1 449,15	1 710 171,87
S. amara	168,16	458,76	295,91	232,95			1 155,78	1 363 955,82
P. cladantha	366,35	229,65					596,00	703 349,32
F. insipida					436,23		436,23	514 806,10
A. perutilis	422,63						422,63	498 749,06
H. pulcherrimum	211,03	209,23					420,25	495 951,31
B. rubescens		315,87					315,87	372 761,64
V. lomatophylla			250,79				250,79	295 959,26
S. mombin		104,68					104,68	123 530,50
C. pentandra	103,10						103,10	121 669,23
C. guianensis	71,06						71,06	83 861,67
M. intricata	56,67						56,67	66 874,08
Total	**3 779,35**	**6 187,27**	**3 950,93**	**1 349,72**	**1 739,55**	**2 357,02**	**19 363,84**	**22 851 652,07**
Total general	**4 460 081,55**	**7 301 716,99**	**4 662 570,80**	**1 592 835,08**	**2 052 875,69**	**2 781 571,95**		**22 851 652,07**

4.2. Cuantificar el stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

El stock de carbono de las especies comerciales del bosque de terraza baja se muestra en la tabla 2. Los resultados indican un stock de 9,68 tC/ha de un total de 11 425,83 tC, donde *Virola loretensis* (2,16 tC/ha y 2 543,78 tC) reporta el mayor stock, seguida de *Eschweilera grandiflora* (1,53 tC/ha y 1 804,03 tC), *Cedrelinga cateniformis* (1,31 tC/ha y 1 545,76 tC) y *Otoba glycicarpa* (1,21 tC/ha y 1 430,17 tC). Las especies con menor stock son *Matisia intricata* (0,03 tC/ha y 33,44 tC), *Carapa guianensis* (0,04 tC/ha y 41,93 tC), *Ceiba pentandra* (0,05 tC/ha y 60,83 tC) y *Spondias mombin* (0,05 tC/ha y 61,77 tC).

Las clases diamétricas de 40 cm a 49 cm (3,09 tC/ha y 3 650,86 tC), 50 cm a 59 cm (1,98 tC/ha y 2 331,29 tC) y de 30 cm a 39 cm (1,89 tC/ha y 2 230,04 tC) contienen los más altos stocks de carbono; mientras que, las clases diamétricas de 60 cm a 69 cm (0,67 tC/ha y 796,42 tC) y de 70 cm a 79 cm (0,87 tC/ha y 1 026,44 tC) reportan los menores stocks.

Gráfico 3. Stock de carbono por especie y por hectárea del bosque evaluado



El gráfico 3 muestra el stock de carbono por especie y por hectárea del bosque evaluado; donde *Virola loretensis* es la que contiene el mayor stock de 2,16 tC/ha, seguida de *Eschweilera grandiflora* (1,53 tC/ha), *Cedrelinga cateniformis* (1,31 tC/ha) y *Otoba glycicarpa* (1,21 tC/ha). En el gráfico 4 se observa que la clase diamétrica de 40 cm a 49 cm es la que registra el mayor stock por hectárea de 3,09 tC/ha, seguida de la clase de 50 cm a 59 cm con 1,98 tC/ha y la clase de 30 cm a 39 cm con 1,89 tC/ha; por el contrario la clase diamétrica de 60 cm a 69 cm con 0,67 tC/ha reporta el menor stock.

Gráfico 4. Stock de carbono por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado

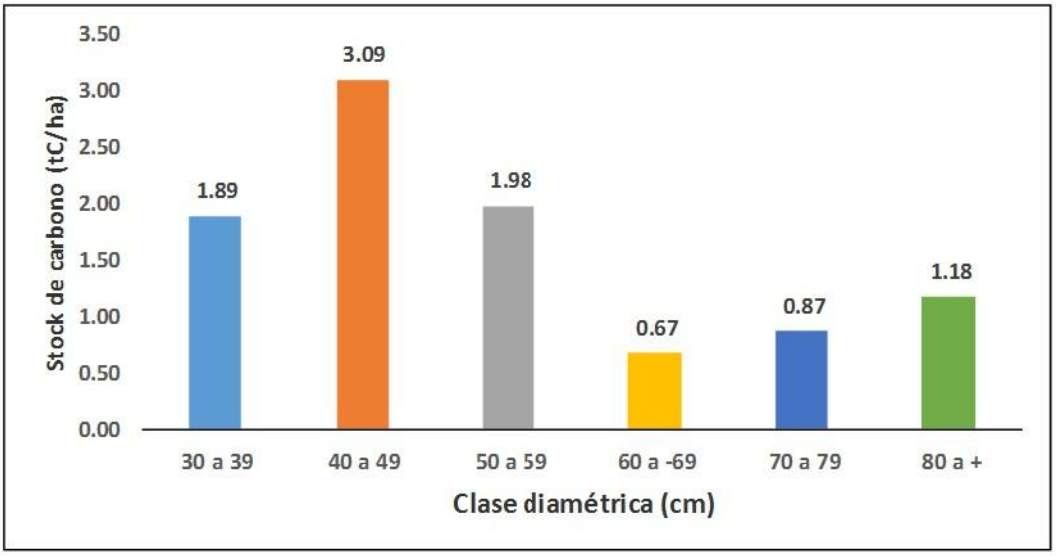


Tabla 2. Stock de carbono por clase diamétrica y por especie del bosque de terraza baja

	Stock de carbono por clase diamétrica (tC/ha)							
Especies	**30 a 39**	**40 a 49**	**50 a 59**	**60 a 69**	**70 a 79**	**80 a +**	**Stock de C. (tC/ha)**	**Stock de C. total (tC)**
V. loretensis	0,48	0,71	0,55		0,18	0,23	2,16	2 543,78
E. grandiflora	0,19	0,55	0,54	0,25			1,53	1 804,03
C. cateniformis		0,18		0,18		0,94	1,31	1 545,76
O. glycicarpa	0,37	0,47	0,25	0,12			1,21	1 430,17
P. igneiflora	0,04	0,40	0,12		0,22		0,78	926,28
M. coriacea	0,11	0,13	0,23		0,25		0,72	855,09
S. amara	0,08	0,23	0,15	0,12			0,58	681,98
P. cladantha	0,18	0,11					0,30	351,67
F. insipida					0,22		0,22	257,40
A. perutilis	0,21						0,21	249,37
H. pulcherrimum	0,11	0,10					0,21	247,98
B. rubescens		0,16					0,16	186,38
V. lomatophylla			0,13				0,13	147,98
S. mombin		0,05					0,05	61,77
C. pentandra	0,05						0,05	60,83
C. guianensis	0,04						0,04	41,93
M. intricata	0,03						0,03	33,44
Total	**1,89**	**3,09**	**1,98**	**0,67**	**0,87**	**1,18**	**9,68**	**11 425,83**
Total general	**2 230,04**	**3 650,86**	**2 331,29**	**796,42**	**1 026,44**	**1 390,79**		**11 425,83**

4.3. Determinar estadísticamente si la biomasa y el stock de carbono están directamente relacionados al diámetro de los fustes de los árboles del bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019, Loreto.

Para determinar estadísticamente si la biomasa y el stock de carbono están directamente relacionados se siguió el siguiente procedimiento:

4.3.1. Prueba de normalidad

En la tabla 3 se muestra la prueba de normalidad de los datos (basados en el DAP y la altura comercial) del bosque de terraza baja. Se observa que el p-valor para el bosque evaluado (p = 0,00 para el DAP) (p = 0,001 para la altura comercial) es menor que α = 0,05, lo que indica que los datos no son normales. Por tal motivo, para la correlación se utilizó la prueba no paramétrica de Rho de Spearman.

Tabla 3. Prueba de normalidad para los datos del bosque de terraza baja

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DAP	0,147	116	0,000	0,852	116	0,000
Altura comercial	0,114	116	0,001	0,966	116	0,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

4.3.2. Prueba de Rho de Spearman

En las tablas 4 y 5 se presenta los resultados de la prueba no paramétrica de Rho de Spearman, donde se observa que la correlación es altamente significativa en el nivel de 0,01 de significancia para ambos casos con valores de r = 0,90 para el DAP versus la biomasa y r = 0,91 para el DAP versus el stock de carbono.

Tabla 4. Correlación entre la variable DAP y biomasa del área evaluada

Correlaciones				
			DAP	Biomasa
Rho de Spearman	DAP	Coeficiente de correlación	1,000	0,902**
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	116	116
	Biomasa	Coeficiente de correlación	0,902**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	116	116

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (Bilateral).

Tabla 5. Correlación entre la variable DAP y stock de carbono del área evaluada

Correlaciones				
			DAP	Stock de carbono
Rho de Spearman	DAP	Coeficiente de correlación	1,000	0,907**
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	116	116
	Stock de carbono	Coeficiente de correlación	0,907**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	116	116

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (Bilateral).

Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones

5.1. Discusión

5.1.1 Stock de carbono

La captura del dióxido de carbono atmosférico por los bosques es relevante, porque a través del proceso de la fotosíntesis disminuyen el CO_2 del ambiente mitigando de esta manera el cambio climático. Los valores de stock de carbono obtenidos en este estudio (9,68 tC/ha y 11 425,83) difieren al ser contrastados con los reportados por otros investidadores tales como es el caso para el bosque de terraza baja del distrito de San Pablo estimó un estock de carbono de 2781,62 tC(47); 95,55 tC/ha en un bosque de terraza baja, 106,51 tC/ha en un bosque de terraza alta y 100,41 tC/ha en un bosque de colina baja en la cuenca media del río Arabela(48); 107,55 tC/ha en un bosque de terraza baja en el distrito del Alto Nanay(49); 1253,76 tC en un bosque de terraza baja con drenaje pobre, 1442,97 tC en un bosque de terraza baja con drenaje moderado en el distrito del Pastaza, Datem del Marañon(50) y 48,62 tC/ha en un bosque de terraza baja con drenaje muy pobre en el distrito de Urarinas(51). Esta discrepancia se podría atribuir a las condiciones propias de cada zona, densidad de la madera, número de especies evaluadas, tipo de bosque, fórmula utilizada en la estimación de la biomasa, condiciones ambientales, calidad de sitio, edad del bosque, estimación de la altura y diámetro mínimo utilizado.

A nivel de especie, se observa que en cada tipo de bosque hay una especie predominante como: *Virola loretensis* tiene el mayor stock de carbono de 2,16 tC/ha en el bosque de terraza baja de este estudio; *Maquira coriácea* (2 083,31 tC) en el bosque de terraza baja(52); *Eschweilera bracteosa* (16,38 tC/ha) en el bosque de terraza baja, *Pourouma guianensis* (9,26 tC/ha) en el bosque de terraza alta y *Eschweilera bracteosa* (7,30 tC/ha) en el bosque de colina baja(53); *Inga ingoides* (12,33 tC/ha) en el bosque de terraza baja(54); *Brosimum lactescens* (326,06 tC) en el bosque de terraza baja con drenaje pobre y *Cariniana decandra* (363,36 tC) en el bosque de terraza baja con drenaje

moderado(55) y *Otoba glycycarpa* (2,68 tC/ha) en el bosque de terraza baja con drenaje muy pobre(56). Por otra parte, se observa que hay diferencia en cuanto a las especies con valores mínimos de stock de carbono. Estos valores difieren porque cada una de ellas presenta mayor o menor biomasa y ésta influenciada por el número de individuos por especie, por los valores del DAP, la altura comercial y la densidad básica de la madera de cada especie en particular.

El stock de carbono por clase diamétrica reporta un total de 9,68 tC/ha y 11 425,83 tC para toda el área, donde la clase de 40 cm a 49 cm (3,09 tC/ha y 3 650,86 tC) contiene el más alto valor; mientras que la clase de 60 cm a 69 cm (0,67 tC/ha y 796,42 tC) muestra el menor valor. Estos resultados difieren al ser contrastados con los valores obtenidos para un bosque de colina baja del distrito de Indiana de 44 958,22 tC para toda el área, donde la clase diamétrica de 60 a 69 cm presenta el más alto valor de stock de carbono de 10 627,76 tC y menor valor alcanzó la clase diamétrica de 40 cm a 49 cm de 1839,31 tC(57); además, el bosque de terraza baja del distrito del Morona obtuvo 6,92 tC/ha de un total de 4 671,31 tC, donde la clase diamétrica de 60 cm a 70 cm tiene el más alto valor (1,48 tC/ha) y menor valor adquirió la clase de 40 cm a 49 cm (0,40 tC/ha)(58). Esta situación se debe a que el mayor número de individuos por especie se concentra en las clases diamétricas menores; lo contrario ocurre en las clases diamétricas superiores, donde el número de individuos es menor debido a que estos ya alcanzaron su máximo desarrollo.

5.1.2. Correlación del DAP con la biomasa y el stock de carbono

La correlación entre la variable DAP versus la biomasa y el stock de carbono se presenta en los cuadros 4 y 5. Se observa que el P-valor (p= 0,000) para ambos casos es inferior al ser contrastado con el valor de alfa al 0,01 de significancia, lo que indica que existe correlación significativa positiva alta (r=0,90 para la biomasa y r=0,91 para el stock de carbono) entre ambas variables evaluadas. Es decir, señala el grado en el que los valores de la variable DAP se relaciona con los valores de biomasa y

stock de carbono. Estos resultados varian cuando se comparan con los obtenidos para un bosque de terraza alta de la comunidad de San Pedro-quebrada Blanco con r=0,87 tanto para la biomasa y carbono almacenado(59); mientras que para un bosque de colina baja se reporta un r=0,80 para biomasa y carbono almacenado(60), donde el valor de P-value (p=0,000) es menor al ser comparado con el valor de alfa al 0,01 de significancia para ambas localidades. Está diferencia se podría atribuir a la variación de la variable diámetro y la estimación de la altura comercial, razón por la cual los valores de ambas variables de los estudios contrastados serian más heterogéneos.

5.2. Conclusiones

1. Es importante conocer la cantidad de biomasa contenida en el bosque de terraza baja y la influencia de las especies de árboles que presentan la más alta cantidad de biomasa ya que referencian el potencial de stock de carbono que permitirá elaborar planes de manejo.
2. Con el conocimiento del stock de carbono del bosque de terraza baja se conseguirá determinar la dinámica del carbono de este ecosistema, que bien manejado podría generar beneficios a las comunidades en el valor de este recurso.
3. El manejo de grandes superficies con cobertura vegetal está reconocida como actividades claves que puede ser utilizada para la mitigación de las emisiones de carbono, como es el caso del presente estudio, con una cantidad considerable de vegetación natural de este bosque que serviriá para reducir el calentamiento global.
4. La relación del DAP con la biomasa y el stock de carbono es directamente proporcional, por consiguiente, a mayor diámetro mayor biomasa y stock de carbono, por lo tanto, los modelos alométricos que permitan estimar la biomasa y el carbono almacenado a partir de las características dasométricas son importantes para precisar la contribución de los ecosistemas forestales al ciclo de carbono.

5.3. Recomendaciones

1. Los resultados del presente estudio se pueden emplear como instrumento para la toma de decisión por la entidad correspondiente para el manejo sostenible de este recurso.

2. Continuar con los estudios de cuantificación del secuestro de CO_2 y su valorización económica con el objetivo de negociarlo en el mercado internacional de carbono.

3. La recolección de datos de campo debe llevarse a cabo con personal capacitado en inventarios forestales a fin de evitar sesgos en el procesamiento de la información.

Referencias Bibliográfícas

1. ESCOBAR TAFUR O. Valoración económica del secuestro de CO_2 en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2019.

2. FRIAS TAMANI J. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

3. SOSA CASTILLO JO. Valoración económica del secuestro de CO_2 en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay. Loreto-Perú. 2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

4. ROJAS GRÁNDEZ F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.

5. RIOFRIO GARAY GRG. Valoración económica del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas. Loreto, Perú. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

6. ESCOBAR TAFUR O. Valoración económica del secuestro de CO_2 en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2019.

7. FRIAS TAMANI J. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

8. SOSA CASTILLO JO. Valoración económica del secuestro de CO_2 en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay. Loreto-Perú. 2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

9. ROJAS GRÁNDEZ F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.

10. RIOFRIO GARAY GRG. Valoración económica del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas. Loreto, Perú. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

11. ALMAZÁN GONZÁLES JA. Estimación de almacenamiento de carbono en el suelo de conservación del distrito federal mediante el uso de datos lidar aerotransportado. [México]: Centro de Investigación en Geografía y Geomática «Ing. Jorge I. Tamayo»; 2013.

12. TOSCANO MORALES LA. Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. [Guayaquil, Ecuador]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2009.

13. CONNOLLY WILSON RY, COREA SIU CA. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. [Mangua, Nicaragua]: Universidad Nacional Agraria; 2007.

14. ALVAREZ CONDO G. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. [Costa Rica]: Centro Agronómico Tropical de Investigacion y Ensenanza. CATIE; 2008.

15. DAUBER E, TERÁN CARDOZO J, GUZMÁN R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana. 2008;Vol. 1:10.

16. QUIÑE MACEDO PC. Cuantificación de biomasa y reserva de carbono en sistemas agroforestales de café (Coffea arabica L.) en dos pisos altitudinales. [Tarapoto, Perú]: Universidad Nacional de San Martín; 2009.

17. SALAS JOSÉ IA. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. Revista Forestal Latinoamericana. 2006;47-70.

18. AGUINACO BREVO VJ. Captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Academia de Ingeniería , A. C. 2008.

19. PALOMINO CONTRERAS D. Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los humedales de Puerto Viejo. [Lima, Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2007.

20. MAQUERA MAQUERA D. Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camacani UNA-Puno por titulación. [Puno, Perú]: Universidad Nacional del Altiplano; 2017.

21. NAKAMA V, LUPI AM, FERRERE P, ALFIERI A. Las plantaciones forestales como sumideros de carbono atmosférico. Estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina: Instituto de Suelos y Recursos biológicos CIRN INTA. 2009.

22. AGUDELO GUINAND MI. Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de Quercus humboldtii y Colombobalanus excelsa: corredor de conservación de robles Guantiva – la Rusia – Iguaque (Santander – Boyacá). [Santiago de Cali]: Universidad Autónoma de Occidente; 2009.

23. HONORIO CORONADO E, BAKER T. Memoria del Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de inventario de carbono. Perú. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Universidad de Leeds. 2009.

24. HONORIO CORONADO E, BAKER T. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-Universidad de Leeds. 2010.

25. HONORIO CORONADO E, BAKER T. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-Universidad de Leeds. 2010.

26. CONNOLLY WILSON RY, COREA SIU CA. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. [Managua, Nicaragua]: Universidad Nacional Agraria; 2007.

27. TOSCANO MORALES LA. Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. [Guayaquil, Ecuador]: Escuela Superior Politécnica Del Litoral; 2009.

28. PROFONANPE. Inventarios Forestales, Componente temático para la mesozonificación ecológica y económica de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona. 2007.

29. QUISPE VILLAFUERTE W. Estructura horizontal y vertical de dos tipos de bosque concesionados en la región Madre de Dios. [Puerto Maldonado, Perú]: Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios; 2010.

30. LINO ZEVALLOS KA. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuanca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. [Ucayali, Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2009.

31. LINO ZEVALLOS KA. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuanca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú. [Ucayali, Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2009.

32. RAE y ASALE. Ortografía de la lengua española. España: Editor Espasa; 2010. 864 p.

33. HONORIO CORONADO E, BAKER T. Memoria del Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de inventario de carbono. Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Universidad de Leeds. 2009.

34. GÓMEZ CASTRO H, PINTO RUIZ R, GUEVARA HERNÁNDEZ F, GONZALES REYNA A. Estimaciones de biomasa aérea y carbono almacenado en Gliricidia sepium (Lam.) y Leucaena leucocephala (Jacq.) y su aplicación en sistemas silvopastoriles. Separata ITEA. 2010;Vol. 106(N° 4):256-70.

35. HONORIO CORONADO E, BAKER T. Memoria del Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de inventario de carbono. Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Universidad de Leeds. 2009.

36. FRIAS TAMANI J. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

37. SABOGAL C, CARRERA F, COLAN V, POKORNY B, LAUMAN B. Manual para la planificación y evaluación del manejo forestal operacional en bosques de la amazonía peruana. Lima, Perú. 2004.

38. CHAMBI CONDORI PP. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del rio Inambari y Madre de Dios. Tacna, Perú: IICFOE. 2001.

39. SABOGAL C, CARRERA F, COLAN V, POKORNY B, LAUMAN B. Manual para la planificación y evaluación del manejo forestal operacional en bosques de la amazonía peruana. Lima, Perú: Fondebosque. 2004.

40. DAUBER E, TERÁN CARDOZO J, GUZMÁN R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. Revista forestal iberoamericana. 2008;10.

41. ZANNE AE, LOPEZ GONZALEZ G, COOMES DA, Llic J, JANSEN S, LEWIS SL, et al. Global wood density database dryad identifier: http://hdl. handle.net/10255/dryad.235. 2009.

42. DAUBER E, TERÁN CARDOZO J, GUSMÁN R. Estimaciones de biomasa y carbono en bosque naturales de Bolivia. Revista forestal iberoamericana. 2008;10.

43. HIGUCHI N, CARBALHO JÚNIOR JA. 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. Río de Janeiro, Brasil. 1994.

44. HIGUCHI N, CARBALHO JÚNIOR JA. 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. Río de janeiro, Brasil. 1994.

45. ROJAS GRÁNDEZ F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO2 en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.

46. ROSAS SNELL A, ZÚÑIGA CONTRERAS J. Estadística descriptiva e inferencial I. Correlación y regresión lineal. México: Colegio de bachilleres. 2010.

47. ESCOBAR TAFUR O. Valoración económica del secuestro de CO_2 en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de Amazonía Peruana; 2019.

48. FRIAS TAMANI J. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

49. SOSA CASTILLO JO. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

50. ROJAS GRÁNDEZ F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.

51. RIOFRIO GARAY GRG. Valoración económica del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas. Loreto, Perú. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

52. ESCOBAR TAFUR O. Valoración económica del secuestro de CO_2 en un bosque de terraza baja en el distrito de San Pablo, Loreto, Perú. 2016. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2019.

53. FRIAS TAMANI J. Biomasa total y stock de carbono en tres tipos de bosque en la cuenca media del río Arabela, Loreto-Perú-2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

54. SOSA CATILLO JO. Valoración económica del secuestro de CO_2 en tres tipos de bosque en el distrito del Alto Nanay. Loreto-Perú. 2014. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

55. ROJAS GRÁNDEZ F. Valor económico del volumen maderable y valor económico del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque del distrito de Pastaza, Datem Del Marañón, Loreto. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.

56. RIOFRIO GARAY GRG. Valoración económica del secuestro de CO_2 en dos tipos de bosque en el distrito de Urarinas. Loreto, Perú. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2016.

57. MORI JULCA CE. Biomasa y stock de carbono en un bosque de colina baja del distrito de Indiana, Loreto. 2018. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2019.

58. RIBEYRO SCHULT TMM. Estructura diamétrica y stock de carbono en las especies comerciales de un bosque de terraza baja del distrito de Morona, Loreto. 2019. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2021.

59. 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. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2015.

60. MORI JULCA CE. Biomasa y stock de carbono en un bosque de colina baja del distrito de Indiana, Loreto. 2018. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2019.

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
Biomasa y stock de carbono en un bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto.	¿Cuánto será la biomasa y stock de carbono en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto.	**Objetivo general** Cuanto será la biomasa y el stock de carbono en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto. **Objetivos específicos** • Cuanto será la biomasa aérea en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto. • Cuanto será el stock de carbono en las especies forestales comerciales existentes en el bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto. • Determinar estadísticamente si la biomasa y el stock de carbono están directamente relacionados al diámetro de los fustes de los árboles del bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto.	**Hipótesis de la investigación** Existe correlación entre la biomasa y el stock de carbono en un bosque de terraza baja del distrito del Napo, durante el periodo 2019-2020, Loreto.	La investigación es del tipo cuantitativo y de nivel descriptivo. El diseño es no experimental, basada en el registro de los datos dasométricos de todos los individuos arbóreos existentes en el bosque de estudio.	La población de estudio estará conformada por todos los árboles de las especies comerciales aprovechables con DAP ≥ DMC existente en el bosque de terraza baja. La muestra será igual a la población, considerando que se llevará a cabo un censo al 100% de las especies arbóreas de valor comercial que cumplen con la restricción de DAP ≥ DMC.	Fichas de registro de las especies forestales existentes en el bosque de estudio. Formato de registro de información dasométrica de los individuos arbóreos de las especies forestales. Base de datos del inventario y la hoja de cálculos en Excel y SPSS.

Anexo 2. Formato para la toma de datos del inventario forestal

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

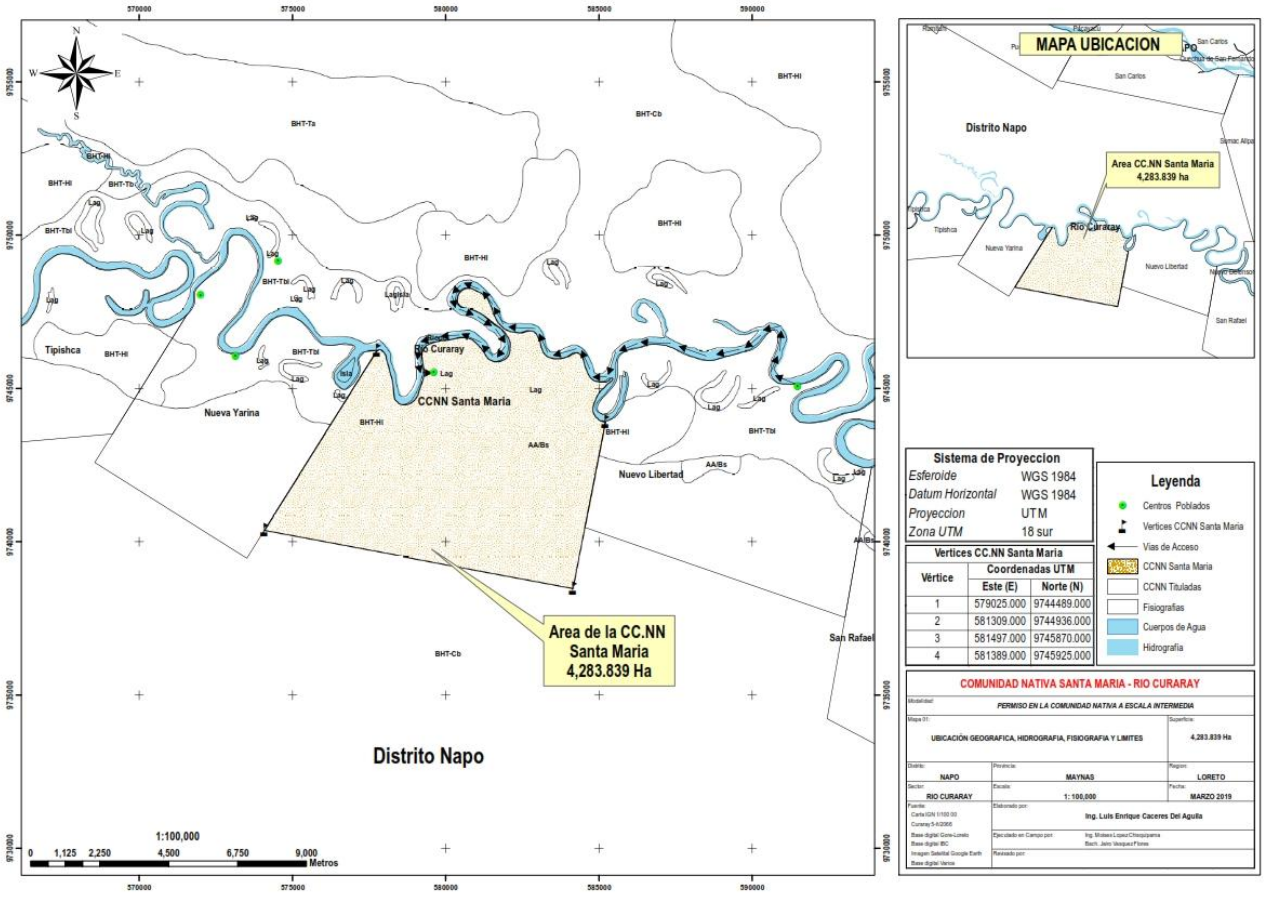
---						
n						

Anexo 3. Formato de datos para la estimación de la biomasa y stock de carbono

Árbol No.	DAP (cm)	Altura (m)	DB (kg/m^3)	Biomasa (kg)	Stock de C (tC)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

---					
n					

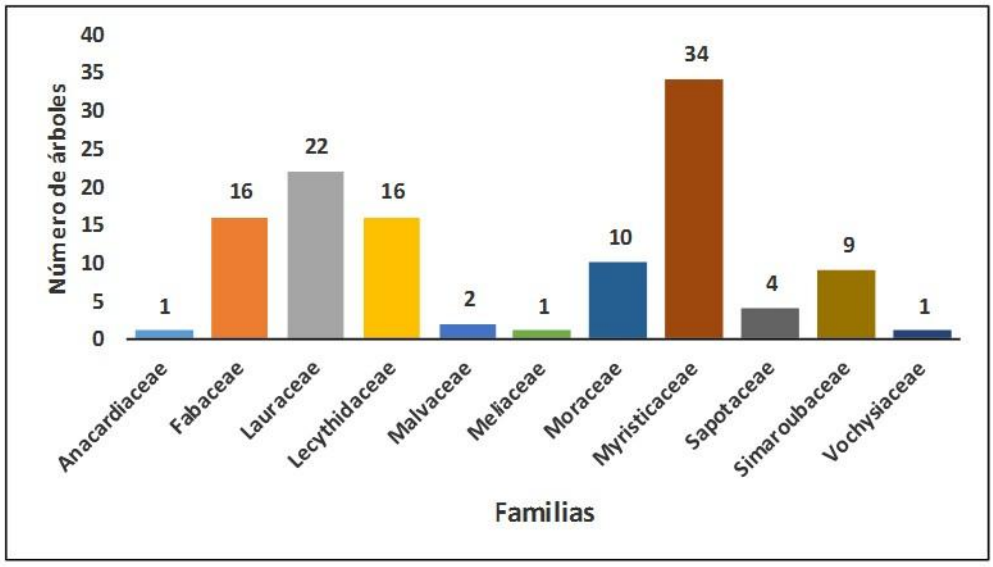
Anexo 4. Mapa de ubicación del área de estudio



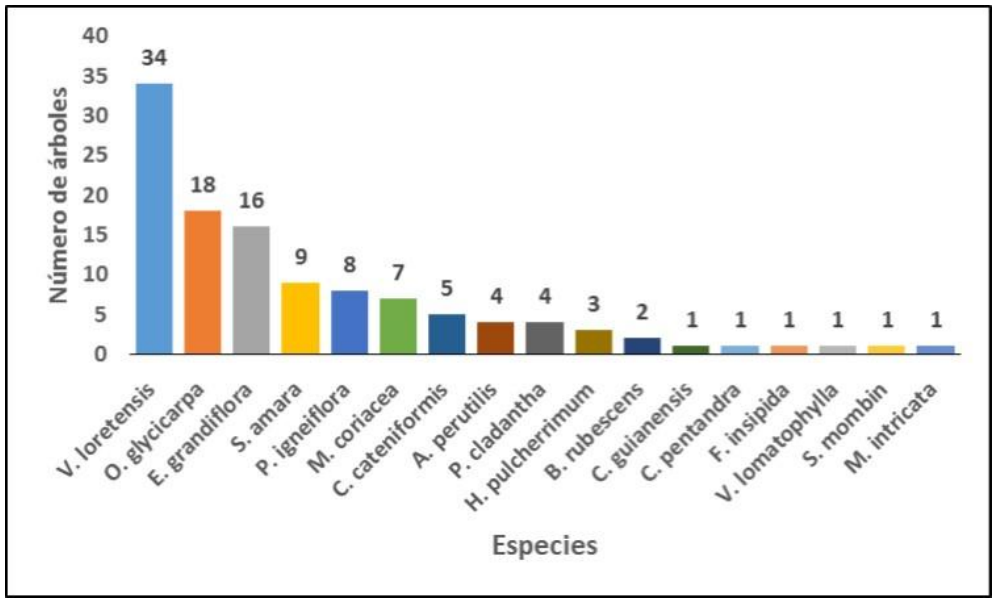
Anexo 5. Especies, géneros, familias y número de árboles del bosque evaluado

N°	Especie		Familia	N° de árboles
	Nombre común	Nombre científico		
1	Aguanillo	*Otoba glycicarpa*	Lauraceae	18
2	Andiroba	*Carapa guianensis*	Meliaceae	1
3	Capinuri	*Maquira coriacea*	Moraceae	7
4	Cumala	*Virola loretensis*	Myristicaceae	34
5	Lupuna	*Ceiba pentandra*	Malvaceae	1
6	Machimango	*Eschweilera grandiflora*	Lecythidaceae	16
7	Mari mari	*Hymenolobium pulcherrimum*	Fabaceae	3
8	Marupa	*Simarouba amara*	Simaroubaceae	9
9	Moena	*Aniba perutilis*	Lauraceae	4
10	Oje	*Ficus insipida*	Moraceae	1
11	Palisangre	*Brosimum rubescens*	Moraceae	2
12	Pashaco	*Parkia igneiflora*	Fabaceae	8
13	Quillosisa	*Vochysia lomatophylla*	Vochysiaceae	1
14	Quinilla	*Pouteria cladantha*	Sapotaceae	4
15	Tornillo	*Cedrelinga cateniformis*	Fabaceae	5
16	Ubos	*Spondias mombin*	Anacardiaceae	1
17	Zapotillo	*Matisia intricata*	Malvaceae	1
	Total			**116**

Anexo 6. Número de árboles por familia del bosque de terraza baja



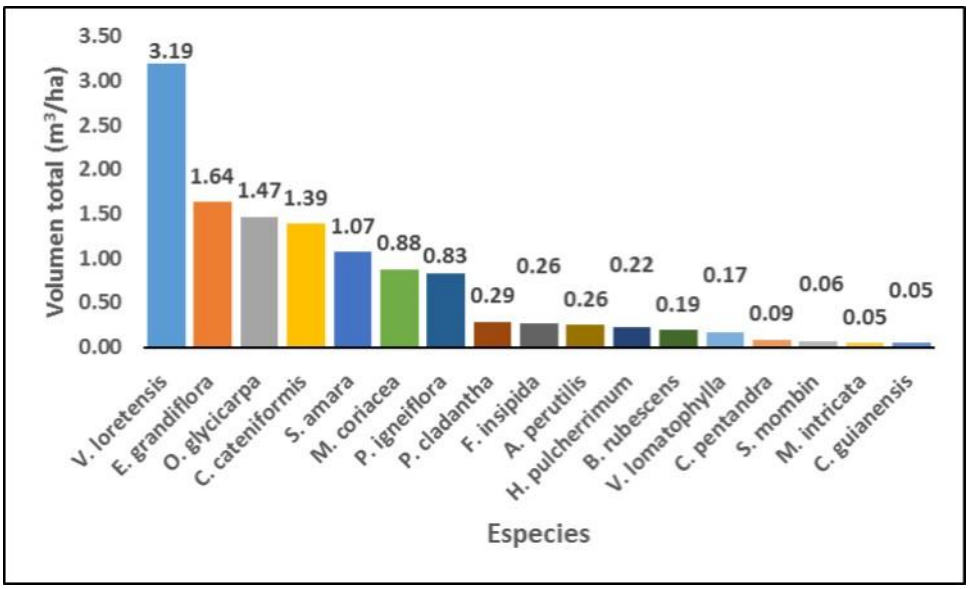
Anexo 7. Número de árboles por especie del bosque de terraza baja



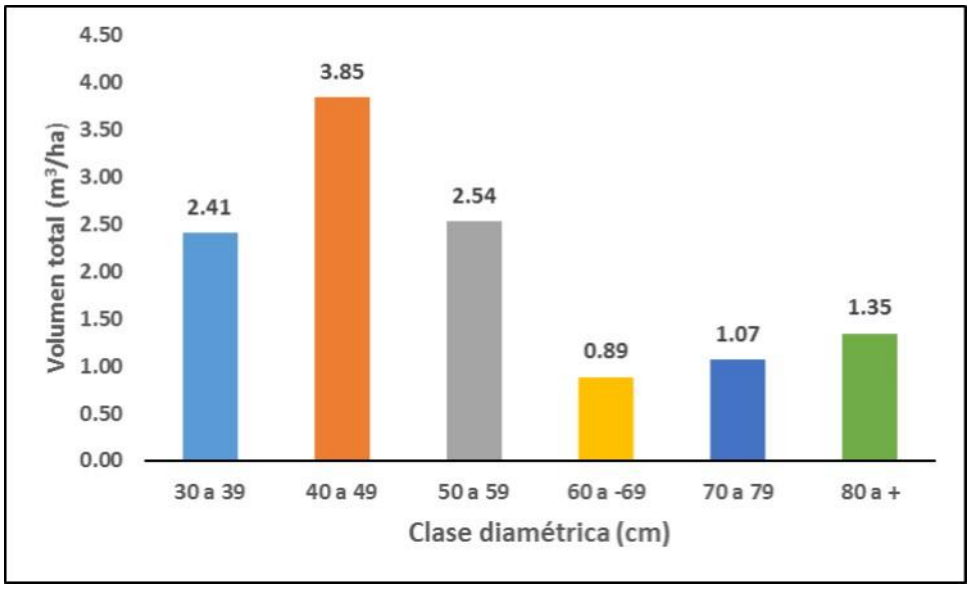
Anexo 8. Volumen por clase diamétrica y por especie del bosque evaluado

	Volumen por clase diamétrica (m^3/ha)							
Especies	**30 a 39**	**40 a 49**	**50 a 59**	**60 a 69**	**70 a 79**	**80 a +**	**Volumen (m^3/ha)**	**Vol. total (m^3)**
V. loretensis	0,71	1,05	0,82		0,26	0,35	3,19	3 768,56
E. grandiflora	0,19	0,57	0,55	0,32			1,64	1 935,38
O. glycicarpa	0,45	0,57	0,31	0,15			1,47	1 736,69
C. cateniformis		0,19		0,19		1,00	1,39	1 635,72
S. amara	0,16	0,42	0,27	0,22			1,07	1 262,92
M. coriacea	0,14	0,15	0,28		0,30		0,88	1 038,36
P. igneiflora	0,04	0,42	0,13		0,24		0,83	980,19
P. cladantha	0,18	0,11					0,29	338,31
F. insipida					0,26		0,26	312,57
A. perutilis	0,26						0,26	302,82
H. pulcherrimum	0,11	0,11					0,22	262,41
B. rubescens		0,19					0,19	226,33
V. lomatophylla			0,17				0,17	195,74
C. pentandra	0,09						0,09	102,42
S. mombin		0,06					0,06	71,49
M. intricata	0,05						0,05	56,29
C. guianensis	0,05						0,05	54,49
Total	**2,41**	**3,85**	**2,54**	**0,89**	**1,07**	**1,35**	**12,10**	**14 280,69**
Total general	**1 588,38**	**2 848,27**	**4 544,18**	**2 992,52**	**1 045,54**	**1 261,81**		**14 280,69**

Anexo 9. Volumen maderable por especie y por hectárea del bosque evaluado



Anexo 10. Volumen maderable por clase diamétrica y por hectárea del bosque evaluado



Anexo 11. Galería de fotos del inventario forestal




















B-2
F-130
B-2/F-40














84
F3





