



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

Trabajo de Graduación

**“Estimación de la fijación y
almacenamiento de carbono en siete fincas
en el municipio de Bocana de Paiwas, la
RAACS”, 2018**

Autor:

Br: Miguel José Corea Rodríguez

Asesores:

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano

Ing. Claudio Calero (q.e.p.d.)

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2020



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible™

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**“Estimación de la fijación y almacenamiento
de carbono en siete fincas en el municipio de
Bocana de Paiwas, la RAACS”, 2018**

AUTOR:

Br: Miguel José Corea Rodríguez

ASESORES:

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano

Ing. Claudio Calero (q.e.p.d.)

Managua, Nicaragua

Diciembre, 2020



Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al título profesional de:

INGENIERO FORESTAL

Miembros del Tribunal Examinador

Ing. MSc. Olman Narváez Espinoza

Presidente

MP. Álvaro Martínez Gadea

Secretario

MSc. Francisco Reyes Flores

Vocal

Managua, Nicaragua
Diciembre, 2020.

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación del área	4
3.2. Características biofísicas del Municipio de Paiwas	5
3.2.1. Geomorfología	5
3.2.2. Clima	5
3.2.3. Hidrografía	5
3.2.4. Uso potencial y tipo de suelo	6
3.2.5 Descripción de la vegetación representativa	6
3.3. Proceso metodológico	7
3.3.1. Etapa I. Planificación del estudio	7
<i>Planificación del trabajo de campo</i>	7
<i>Tamaño y forma de las parcelas en el bosque y el sistema silvopastoril</i>	8
<i>Medición y establecimiento de las parcelas</i>	8
<i>Número de parcela</i>	8
3.3.2. Etapa II. Recolección y levantamiento de dato en campo	9
<i>Identificación de especies</i>	9
<i>Diámetro</i>	9
<i>Altura del fuste</i>	9
<i>Altura total</i>	9
3.3.3. Etapa III. Procesamiento y digitalización de dato en campo	10
3.4. Definición de variable a evaluar en el análisis de datos	11
<i>Áreas basales en hectáreas</i>	11
<i>Volumen por hectáreas</i>	11
<i>Distribución diamétrica</i>	11
3.5. Cálculos de variables dasométricas	12
<i>Cálculo del área basal</i>	12
<i>Cálculo del volumen fustal o comercial</i>	12
3.6. Determinación de la biomasa aérea, carbono almacenado y carbono fijado	13
3.6.1. Estimación de la biomasa aérea total de árboles con base en su volumen comercial de fuste	14
<i>Cálculo de la biomasa fustal o comercial</i>	15
<i>Cálculo del carbono almacenado</i>	15

	<i>Cálculo del dióxido de carbono fijado (CO₂)</i>	16
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1.	Composición florística del bosque y sistema silvopastoril en las fincas del municipio de Bocana de Paiwas	17
4.1.1.	Composición florística del bosque de la finca El Encanto #1	17
4.1.2.	Distribución de individuo por clase diamétrica en el bosque	18
4.2.	Sistema silvopastoril	19
4.2.1.	Composición florística	19
4.2.2.	Composición florística por finca de acuerdo al número de especies encontrado por fincas en el sistema silvopastoril	20
4.2.3.	Distribución de individuo en clase diamétrica para el área total muestreada	21
4.3.	Estimación de áreas basales, volumen y número de árboles por hectáreas en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril en las siete fincas del Municipio de Bocana de Paiwas	22
4.3.1.	Componente Bosque	22
4.3.2.	Sistema silvopastoril	22
4.4.	Biomasa fustal, carbono almacenando (CO) y carbono fijado (CO ₂) en toneladas por hectárea en el bosque por especies en la finca el Encanto #1	23
4.5.	Biomasa fustal, carbono almacenando (CO) y carbono fijado (CO ₂) en toneladas por hectárea en el sistema silvopastoril por especies arbóreas	24
4.6.	Comportamiento estructural del bosque y el sistema silvopastoril en la cuantificación de biomasa fustal, Almacenamiento CO y la fijación de CO ₂ de municipio de Bocana de Paiwas 2018	26
4.6.1.	Numero de individuo y carbono fijado por distribución diamétrica para árboles \geq 10 cm en el Bosque en la finca el Encanto #1	26
4.6.2.	Numero de individuo y carbono fijado por distribución diamétrica para árboles \geq 10 cm en el sistema silvopastoril	27
4.6.3.	Estimación de biomasa fustal en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril por finca	29
4.6.4.	Estimación del almacenamiento de carbono CO por finca para el bosque y el sistema silvopastoril	30
4.6.5.	Estimación y cuantificación de la fijación de CO ₂ por finca para el bosque y el sistema silvopastoril	31
V	CONCLUSIONES	32
VI	RECOMENDACIONES	33
VII	LITERATURA CITADA	34
VIII	ANEXOS	37

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por dármele la fuerza y la vida de seguir adelante, a la memoria de mi padre **Francisco Corea Flores** quien dio todo por verme estudiar, a mi madre **Ana María Rodríguez Arauz** quien con entusiasmo ha querido lo mejor para mí en el alcance de mis metas, a mis hermanos y hermanas que de una forma u otra me ha apoyado a mis demás familiares y amigos cercano que con sus consejos han sido luz en mis dificultades.

Dedico en especial a la memoria de mi profesor **Ing. Claudio Arsenio Calero** quien dio la vida por sus alumnos por haber sido un buen asesor y amigo durante el tiempo que pudo estar en vida, a mis amigos **Katiana Daniela Trejos García** por ser una de las personas que me ha ayuda a seguir con su ayuda, **Olivia Rosa Molina Ugarte**, **María José Salmerón** y **Sra. Rita Elena Jarquín** quien con sus tiempos de consejo y ayuda estuvieron conmigo en las buenas y las malas.

A los que nunca han creído en mí desde ello ha sido parte de mi fortaleza, por lo que he luchado día a día, les dedico mi trabajo que sepan que en nuestro señor Jesucristo se puede y a los que hoy no están que descansen en paz.

Br: Miguel José Corea Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser parte de este proceso de mi vida, a mis familiares en especial mis padres por apoyarme en mi carrera, a la Universidad de Nacional Agraria (UNA) por darme la oportunidad de culminar mi carrera.

A mis asesores **MSc. Edwin Alonso Serrano, Ing. Claudio Calero** por su ayuda en mi investigación a quienes les doy mis gracias infinitas por hacer cumplir mis propósitos.

A los diferentes propietarios de fincas del Municipio de Bocana de Paiwas, los que nos facilitaron su estadía, así mismo a los técnicos de CONAGAN y de manera muy especial al Ing. Omar Artola Matamoros - Coordinador PGSN - CONAGAN e Ingeniero Marcos Antonino Jiménez Campos coordinador del proyecto.

En el área de Extensión Cultural a la **Licenciada Biki Borge** a **Ingeniero Aurelio Núñez** a ello por ese gran apoyo al que al lado de su calor humanos y cariño son parte de la que se ha formado parte de mi vida y durante estuve con ello me dieron a su ayuda y los demás profesores por ser parte de ese camino en la vida mía muchas gracias.

“Un hombre sin conocimiento ni ambiciones,

es un hombre en el abismo

de un mundo al que conoces”

Miguel J. Corea R.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Composición florística de la finca El Encanto #1	17
2. Familia más representativa en el bosque de la finca El Encanto #1	18
3. Composición florística en el sistema silvopastoril	19
4. Familia más predominante en el sistema silvopastoril	19
5. Composición florística por fincas en el sistema silvopastoril del municipio de Bocana de Paiwas	20
6. Número de árboles, áreas basales y volumen por hectáreas en el bosque y el sistema silvopastoril	23
7. Estimación de biomasa forestal, carbono almacenado y carbono fijado por especies en toneladas por hectáreas en el bosque de la finca el Encanto #1 en Bocana de Paiwas 2018	24
8. Estimación de biomasa forestal BF, carbono almacenado CO y carbono fijado CO ₂ por especies en toneladas por hectáreas en el sistema silvopastoril de la Bocana de Paiwas 2018	25
9. Estimación de biomasa por finca para el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril	29
10. Estimación del carbono almacenado por finca en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril	30
11.. Estimación del dióxido carbono Fijado CO ₂ en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación del Municipio de Paiwas de la Región Autónoma de la costa del Caribe Sur la RACCS, 2018.	4
2. Ubicación de las áreas de estudio en el municipio de Paiwas, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) 2018.	7
3. Tamaño y forma de las parcelas en el bosque y el sistema silvopastoril	8
4. Porcentaje de individuo por clase diamétrica en el bosque de la finca el Encanto #1.	18
5. Porcentaje de individuo por clases diamétricas en el sistema silvopastoril	21
6. Distribución diamétrica para árboles ≥ 10 cm en el bosque de la finca el Encanto #1 en Paiwas 2018	26
7. Dióxido de carbono fijado (CO ₂) toneladas/ha por clase diamétrica para el bosque en la finca el Encanto #1 en Paiwas 2018	27
8. Distribución diamétrica para árboles ≥ 10 cm en el sistema silvopastoril para las 7 fincas del Municipio de Bocana de Paiwas 2018	28
9. Dióxido de carbono fijado (CO ₂) toneladas/ha por clase diamétrica en el sistema silvopastoril para las 7 fincas del Municipio de Bocana de Paiwas 2018	28

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Lista de especies en la composición florística en el bosque	37
2. Lista de especies en la composición florística del sistema silvopastoril	38
3. Área basal en el bosque y el sistema silvopastoril	39
4. Biomasa, carbono almacenando y carbono fijado por especies en el bosque en la finca el encanto #1	39
5. Biomasa, carbono almacenado, carbono fijado por especies para el sistema silvopastoril	40
6. Biomasa fustal, carbono almacenando, carbono fijado por categoría diamétrica en el bosque	41
7. Biomasa fustal, carbono almacenando, carbono fijado por categoría diamétrica en el sistema silvopastoril	41
8. Estimación de biomasa por finca para el componente arbóreo en el bosque y el sistema silvopastoril	42
9. Estimación del carbono almacenado por finca del componente arbóreo en el bosque y el sistema silvopastoril	42
10. Estimación del dióxido carbono Fijado CO ₂ en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril	43
11. Registro de datos de la PMP del arbolado mayores o igual a 10 cm de DAP en el bosque 50 x 50 m.	43
12. Registro de datos en las parcelas de 10 por 25 m en los sistemas silvopastoriles para el arbolado ≥ 10 DAP	43
13. Glosario de términos	44

RESUMEN

El estudio fue realizado en el municipio de Bocana de Paiwas ubicado en la Región Autónoma del Atlántico sur la (RAACS) con el objetivo de evaluar el contenido de biomasa, fijación del dióxido de carbono y almacenamiento de carbono en siete fincas del municipio de Bocana de Paiwas a través del inventario forestal. El diseño de parcelas que se estableció para el sistema bosque fue de 50 x 50 m con áreas de 0.5 ha y para el sistema silvopastoril con parcelas de 10 x 25 m con un área de 0.025 ha. La información que se realizó para los individuos fue a partir de un DAP 1.30 donde midieron diámetros ≥ 10 cm y alturas en metros, se identificaron las especies por nombres comunes con la ayuda de guía y baqueano, se anotó en formatos de campo. se calculó el área basal y volumen de las especies se ordenó los datos en clase diamétrica para conocer su comportamiento dentro del componentes arbóreas de las fincas. Se estimó la biomasa arbórea con factores de expansión de 1.62 con una gravedad específica promedio de 0.6, como factores del carbono almacenado de 0.5 y un 3.67. Para composición florística es estimó para el bosque 201 árboles, con una densidad 402 arb/ha, se registró 33 especies, 25 familia, 32 género una no identificada y una abundancia 68 arb/sp. Entre la familia sobresaliente las Salicaceae 56 sp y 27%, Fabaceae con 22 sp y un 10%, Otra familia con 20 sp un 10%. Para el sistema silvopastoril se encontró 96 árboles con una densidad 549 arb/ha, 14 especies, 13 familia, 14 género y una abundancia de 80 arb/sp entre la familia más sobresaliente las Bignoniaceae con 26 especies y 27%, Boraginaceae con 26 especies y un 27% y las Rubiaceae con 16 especies y el 16% de representación. Entre las estimaciones por especies el bosque registró 9 especies con la mayor concentración de biomasa carbono almacenado y fijación siendo para las áreas silvopastoril con seis especies de mayores estimaciones lo que corresponde que el bosque en totalidad presento su mayor concentración de biomasa, carbono almacenado como fijación. Para los valores de biomasa por componente arbóreo el bosque estimó 264.0 t/ha, y el sistema silvopastoril 84 t/ha. En el almacenamiento de carbono el bosque estimó 132.0 t/ha y el sistema silvopastoril 42.1 t/ha. Seguido la fijación para el bosque 484.5 t/ha y en sistema silvopastoril 154.5 t/ha siendo el bosque con mayores estimaciones de biomasa, carbono almacenado, como fijaciones CO₂.

Palabras claves: *Determinación y Cuantificación de Biomasa, Carbono almacenado y Carbono fijado*

SUMMARY

The study was conducted in the municipality of Bocana de Paiwas located in the South Atlantic Autonomous Region (RAACS) with the objective of evaluating the biomass content, carbon dioxide fixation and carbon storage in seven farms in the municipality of Bocana de Paiwas through the forest inventory. The design of plots that were established for the forest system was 50 x 50 m with areas of 0.5 ha and for the silvopastoral system with plots of 10 x 25 m with an area of 0.025 ha. The information that was made for the individuals was from a DAP 1.30 where they measured diameters ≥ 10 cm and heights in meters, the species were identified by common names with the help of guide and baqueano, was noted in field formats. The basal area and volume of the species was calculated and the data was ordered in diameter class to know their behavior within the tree components of the farms. Tree biomass was estimated with expansion factors of 1.62 with an average specific gravity of 0.6, as factors of stored carbon of 0.5 and 3.67. For floristic composition is estimated for the forest 201 trees, with a density of 402 trees / ha, there were 33 species, 25 family, 32 genus, one unidentified and an abundance of 68 trees / s. Among the outstanding family Salicaceae 56 sp and 27%, Fabaceae with 22 sp and 10%, another family with 20 sp unnn 10%. For the silvopastoral system there were 96 trees with a density of 549 trees/ha, 14 species, 13 family, 14 genus and an abundance of 80 trees/sp among the most outstanding family the Bignoniaceae with 26 species and 27%, Boraginaceae with 26 species and 27% and the Rubiaceae with 16 species and 16% of representation. Among the estimates by species, the forest registered 9 species with the highest concentration of biomass, carbon stored and fixation. For the silvopastoral areas, with six species with the highest estimates, the forest as a whole presented the highest concentration of biomass, carbon stored as fixation. For the values of biomass per tree component the forest estimated 264.0 t/ha, and the silvopastoral system 84 t/ha. In carbon storage the forest estimated 132.0 t/ha and the silvopastoral system 42.1 t/ha. Followed by the fixation for the forest 484.5 t/ha and in silvopastoral system 154.5 t/ha being the forest with higher estimates of biomass, carbon stored, as CO₂ fixation.

Keywords: Determination and Quantification of Biomass, Carbon stored and Carbon fixation

I. INTRODUCCIÓN

El interés en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para reducir el calentamiento global, ha incrementado el interés en la formulación e implementación de proyectos enfocados en la conservación de ecosistemas que nos provisionen servicios ambientales como: la fijación y almacenamiento de carbono, producción de agua, biomasa, nichos ecológicos, entre otros. Con estos proyectos aparte de proteger los recursos naturales se generan diversas formas de ingresos económicas para las familias beneficiarias reduciendo de esta manera los márgenes de pobreza.

El inventario de biomasa es un requisito básico para desarrollar proyectos que tengan como objetivo la obtención de certificados de crédito de carbono. El inventario cuantifica el almacenamiento de carbono en diferentes depósitos presentes en distintos usos de ecosistemas de la tierra, permitiendo también medir el impacto de un determinado proyecto en la remoción y secuestro del dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera, por medio de su fijación en la biomasa existente (Rügnitz, M.T *et al*, 2009).

Las compensaciones del carbono potencial con base en las reducciones en las emisiones, requiere el desarrollo de un procedimiento que contabilice el carbono fijado o emitido y que, a la vez, esté fundamentado en la diferencia entre las emisiones de una línea base y las emisiones que se esperan, se obtengan a partir de acciones llevadas a cabo mediante un proyecto, que produzca beneficios ambientales ya sea para la reducción de emisiones y aumento del potencial de fijación de carbono por parte de la biomasa vegetal o ambos (Rodríguez & Pratt, 1998).

La estimación de los servicios ambientales que brindan los bosques es necesaria para tener una idea de la eficiencia del ecosistema y de esa manera tomar decisiones en cuanto a su manejo. Cuando se consideran variables como esta en el aprovechamiento del bosque las decisiones son más acertadas y los impactos sobre el ecosistema son menores.

Considerando que el municipio de Bocana de Paiwas existe gran potencial de fijación y almacenamiento de carbono, se visualizó la oportunidad a futuro de ofertar servicios ambientales (fijación y almacenamiento de carbono) en siete fincas; en las que procedió a estimar el contenido de biomasa, fijación y almacenamiento de carbono. Este aporte contribuirá a la reducción de la deforestación, pues en determinado momento puede ser una fuente de ingresos, además la metodología utilizada para lograr el objetivo planteado facilita su réplica en otras fincas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el contenido de biomasa, fijación del dióxido de carbono y almacenamiento de carbono en siete fincas del municipio de Bocana de Paiwas, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur.

2.2. Objetivos Específicos

- 1.** Describir la composición florística del componente arbóreo en el bosque y sistema silvopastoril en las fincas.
- 2.** Analizar el contenido de biomasa aérea de las especies forestales presentes en el sistema bosque y silvopastoril en siete fincas del municipio de Bocana de Paiwas.
- 3.** Evaluar la fijación y el almacenamiento de carbono en el bosque y sistema silvopastoril en siete fincas del municipio de Bocana de Paiwas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área

El estudio fue realizado en el municipio de Bocana de Paiwas, ubicado en la Región Autónoma de la Costa caribe Sur (RACCS) entre las coordenadas 12° 47' de latitud norte y 85° 07' de longitud oeste, limita al norte con el municipio Siuna, al sur con los municipios de El Rama y Camoapa, al este con los municipios de la Cruz de río grande y El Tortuguero, al Oeste con los municipios de Matiguás y Río Blanco, posee un numero de habitante 42,354 habitantes, una superficie de 2,374.9 km² y su distancia de la capital Managua es de 227 km en base a las Proyección del INEC en el censo nacional 1995), (Figura.1) (INETER, 1998).

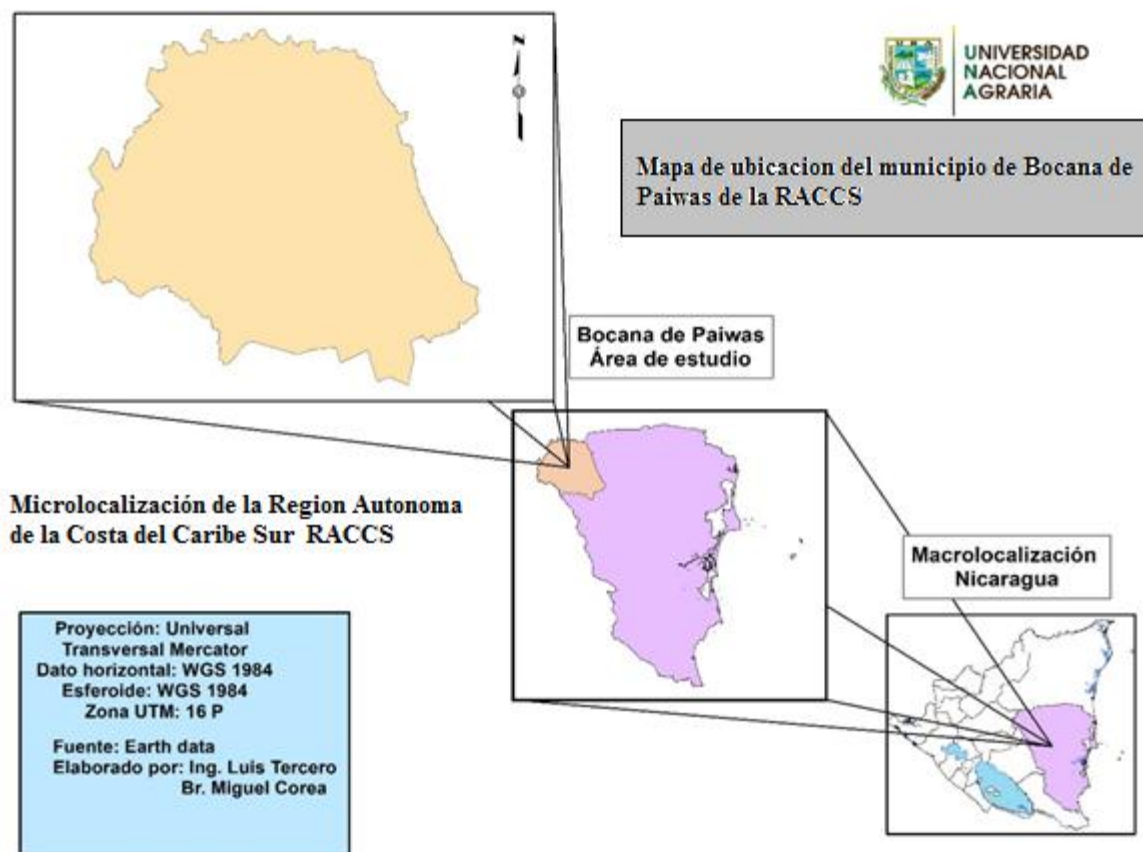


Figura 1. Ubicación del Municipio de Paiwas de la Región Autónoma de la costa del Caribe Sur la RACCS, 2018.

3.2. Características biofísicas del Municipio de Paiwas

3.2.1. Geomorfología

El territorio del municipio es una zona de transición entre la cadena montañosa de la región central de Nicaragua y las planicies costaneras. Las zonas más planas se localizan en Mulukukú, Wilidón, Unikwás, con pendientes entre 0% y 15%, las pendientes de 15% a 30% se distribuyen de manera aislada en diferentes sitios del territorio, las de 30% a 50% se concentran en la zona de Paiwas y Pedro Mochón y las mayores del 50% en el sector este y oeste de cerro Copalar. Sus puntos más altos son el cerro Ubú (549 mts.) y Las Minitas (INETER, 1998).

3.2.2. Clima

El clima predominante del municipio se define como monzónico tropical, se caracteriza por tener una temperatura promedio entre los 24°C y 25°C. La precipitación anual oscila entre los 2,400 mm y los 3,000 mm con una buena distribución durante todo el año (INETER, 1998).

3.2.3. Hidrografía

Los principales ríos que atraviesan el municipio de Paiwas se encuentran prácticamente situados al noreste por el río Tuma, al sureste por el río Kurinwás, al oeste por el río Paiwas. El río Sikia atraviesa el municipio en dirección noroeste-sureste. El centro de su territorio es atravesado totalmente por el río Grande de Matagalpa. Pertenece a la cuenca del Río Grande de Matagalpa. Al interior del territorio hay cuatro subcuencas: Río Tuma Wilike, Grande de Matagalpa y Kurinwas (INETER, 1998).

3.2.4. Uso potencial y tipo de suelo

El municipio de PAIWAS es considerado como una zona agrícola que ha venido creciendo bajo explotación agropecuaria. La creciente humanización ha puesto límite al bosque primario por el cultivo ejecutada por sectores campesinos y la colonización espontánea que pone fin al bosque (INETER, 1998).

La ausencia de alternativas de desarrollo para superar las condiciones de marginalidad y pobreza, los problemas de escasez y distribución de tierras pone en un mercado las propiedades oxigenado a otros propietarios ávidos de expandir su patrimonio y establecer actividades ganaderas de tipo extensivo, impulsando a contingentes campesinos pobres a ubicarse en la frontera agrícola y latifundista en áreas ganadera, donde primero se coloniza los cultivo agrícola y que después es ocupada para la ganadería (INETER, 1998).

Paiwas como otros municipios de la región se está convirtiendo en zonas de pastizales por la que representa un fuerte potencial cafetalero, ganadero, granos básicos, forestales o mineros en la que es: Agrícola uso amplio: 20%, Agrícola uso especial: 22%, Agrosilpastadura: 2%, Silvopastura: 13%, Agroforestería: 24% (INETER, 1998).

3.2.5. Descripción de la vegetación representativa

Predomina la vegetación propia del sub-trópico húmedo, con grandes extensiones de bosques latifoliados. Entre las especies forestales del municipio son: madroño (*Calycophyllum candidissimum*), areno (*Homalium racemosum* Jacq), ojoche (*Brosimum alicastrum*), bimbayán (*Rehdera trinervis*), guaba (*Inga thibaudiana*), fosforito (*Prosopis juliflora*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), guayabo (*Terminalia oblonga*), guayaba (*Psidium guajaba*), cola de pava (*Cupania cinerea*), cedro macho (*Carapa guatemalensis*), palo de agua (*Vochysia hondurensis*), laurel (*Cordia gerascanthus*), cortés (*Tabebuia guayacan*), comenegro (*Dialium guianense* (Aubl, Steud), níspero (*Manilkara chicle*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), cedro real (*Cedrela odorata*), caoba (*Switenia macrophylla*), granadillo (*Dalbergia tucurensis* Donn-Smith), Nancitón (*Hyeronima alchorneoides* Allem), mora (*Chlorofora tinctoria*), manga larga (*Vochysia ferruginea* Mart), genízaro (*Albizia saman* (Jacq.) Muell), gavilán (*Schizolobium parahybum*) (INETER, 1998).

3.3. Proceso metodológico

El presente estudio fue realizado en el Municipio de Bocana de Paiwas en año 2018, en la Región Autónoma de la Costa del Caribe Sur en coordinación UNA-CONAGAN, donde se realizó un inventario en el bosque y sistema silvopastoril, con la finalidad de estimar el contenido de biomasa aérea, carbono almacenado CO y carbono fijado CO₂ en siete fincas. El estudio se realizó en tres etapas las que se presentan a continuación.

3.3.1. Etapa I. Planificación del estudio

Planificación del trabajo de campo

Esta primera etapa se desarrolló principalmente para establecer acuerdos y definir aspectos técnicos y logísticos para ingresar a la zona, además de los criterios para la selección de las fincas. Durante esta actividad se tomaron acuerdos entre CONAGAN - Productores y equipo de docentes de la UNA, así como fechas de ingresos a las fincas (Figura 2).

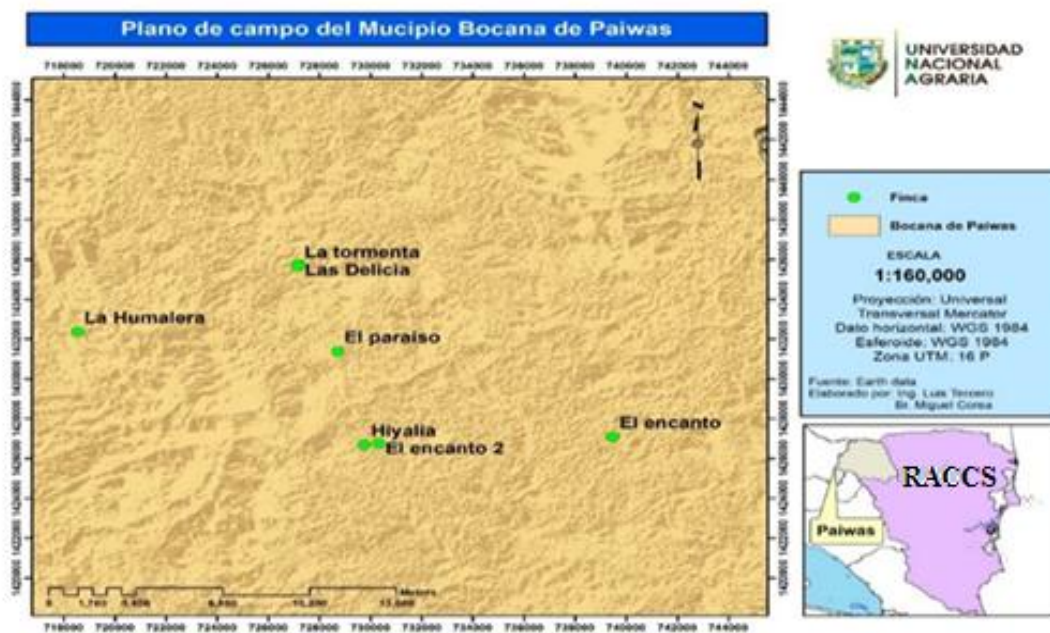


Figura 2. Ubicación de las áreas de estudio en el municipio de Paiwas, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) 2018

..

Tamaño y forma de las parcelas en el bosque y el sistema silvopastoril

Se establecieron 2 parcelas de muestreo permanente (PMP) en el bosque y el sistema silvopastoril. Para el bosque la parcela fue cuadrada de 50 x 50 m con un área de 0.25 ha, para un área total de muestreo de 0.5 ha, dentro del área del sistema silvopastoril se establecieron parcelas de forma rectangular de 10 x 25 m en un área de 0.025 ha, con un área total de muestreo de 0.175 ha, distribuidas en todas las siete fincas (Figura 3).

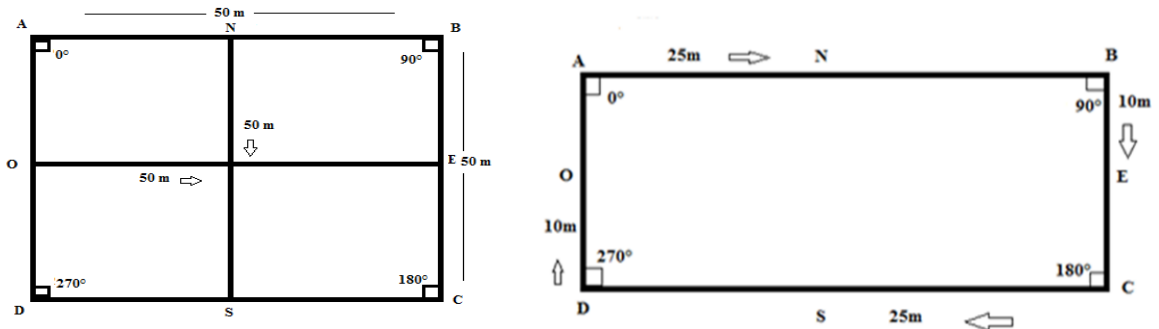


Figura 3. Tamaño y forma de las parcelas en el bosque y el sistema silvopastoril.

Medición y establecimiento de las parcelas

Una vez que se establecieron los diseños de las parcelas se midió y se marcaron los sitios con estacas. Con una cinta métrica se realizó la medición del ancho y largo de la parcela según correspondió para el componente arbóreo del bosque y las áreas silvopastoril en las siete fincas. Una vez que se establecieron se georreferenció la parcela y posteriormente se levantó información de las especies encontrada, con un criterio de selección de las especies con diámetro mayores de 10 cm.

Número de parcela

Para el sistema bosque en la finca el Encanto #1 se establecieron dos parcelas cuadradas de 0.25 ha, con un distanciamiento de 200 m por parcela, las 6 fincas restantes no presentaron el componente arbóreo. En las áreas silvopastoriles se estableció una parcela en cada finca de forma rectangular con un área de 0.025 ha. La razón de una parcela es que al momento de dicho muestreo no contaba la finca con otra área bajo el criterio de sistema silvopastoril.

3.3.2. Etapa II. Recolección y levantamiento de datos en campo

Se levantó información de todos los árboles ≥ 10 cm de DAP presentes en las parcelas para el bosque y silvopastoril. Se realizaron las mediciones en DAP 1:30 cm y altura de fuste.

Identificación de especies

Para la identificación de especies arbóreas se contó con la ayuda de un baqueano asignado por el proyecto, con la finalidad de conocer el nombre común de las especies, en el caso de las especies desconocidas se anotaron las características sobresalientes para ser identificadas por nombre común, nombre científico y familia, para esto se revisó la guía de especies arbóreas editada por (Quezada, 2010), y del documento del inventario nacional de Nicaragua, publicado por (INAFOR, 2009).

Diámetro

El DAP en conjunto con la altura fustal y altura total es una de las variables fundamentales para determinar el volumen del árbol, la medición de esta variable forestal en árboles debe realizarse en pie y la altura normal del diámetro del árbol a la altura de 1.3 m desde el nivel del suelo medido sobre la pendiente, que también se denomina diámetro de altura al pecho (Prodan *et al*, 1997).

Altura del fuste

Es una variable necesaria para estimar el volumen, se refiere a la altura vertical a lo largo del eje del árbol tomada desde el nivel del suelo hasta la primera rama del árbol o base de la copa (Ugalde, 1981).

Altura total

Es la distancia vertical del eje del árbol comprendido entre el nivel del suelo y el ápice, o la extremidad superior de la copa se define como (h) la altura (Aldana P, 2008).

3.3.3. Etapa III. Procesamiento y digitalización de dato en campo

En el análisis de datos de campos se utilizó el programa de Microsoft Excel 2010 donde se ordenaron y procesaron los datos en tablas, con el objetivo de realizar los cálculos en área basal, volumen fustal y total, biomasa forestal, carbono fijado y almacenado. Así mismo se digitalizó y se ordenó la información por parcela, fincas, nombre común, nombre científico, familia y género.

Se ingresaron la información de las especies y sus datos dentrométrico, se calculó el área basal (G), el volumen (V) se establecieron diez clases diamétrica para conocer el comportamiento de las especies por finca y por componente arbóreo como su composición florística, en cuanto a la altura de árboles se realizó con factores de forma de 0.5 (CATIE, 2012) según esto valores se subestimas.

Para la conversión de biomasa se realizó a partir del volumen comercial (Vc), altura fusta (Hf), se utilizó facores de expansión de biomasa de 1.62 (Ruiz G, 2002) datos realizado en Muy Muy y Matigua, haciendo uso de gravedad específica para todas las especies tales para las no identificada con datos 0.6 (Brown, 1997).

En la estimación de carbono almacenado se utilizó factores de 0.5 establecido por la (IPCC, 2006) en contenido de carbono de árboles individuales, para la fijación se utilizó los mismos estándares atmosférico de 3.67 resultado de la fracción de carbono 44/12 para convertirlo a tonelada, así mismo generado los datos se creó tabla dinámica para conocer las estimaciones por especies, clase diamétrica como por finca y componente arbóreo.

3.4. Definición de variable a evaluar en el análisis de datos

Áreas basales en hectáreas

El área basal (G) es obtenida por la medición de todos los diámetros (dap) de los árboles que están dentro de la unidad de muestreo y convertidos en áreas transversales (g i), sumados para los (m) árboles medidos y multiplicado por el factor de proporcionalidad (F) (Aldana P, 2008) estos datos son transformados en cantidades por hectáreas por componente arbóreo es decir la sumatoria de las áreas basales (G) de todas las unidades de muestreo en hectáreas de todas las muestras.

Volumen por hectáreas

Dentro del componente arbóreo el volumen es de gran importancia para estimar la biomasa de las especies por clases diamétrica biomasa acumulada por fincas para obtener el carbono almacenado y fijado en hectáreas por fincas dentro de la diversidad del bosque.

Distribución diamétrica

Marca la importancia estructural horizontal y vertical de las especies en los componentes arbóreos distribución de edades, dinámica y rasgos diamétrica de las especies característicos comunes espacio y crecimiento, diversidades de la composición arbóreas que define estrato o componente arbóreos relacionada al volumen maderable y el área basal (G).

Según INAFOR (2008), de forma convencional se establecen diez clases diamétrica las cuales se organizan a partir de DAP 1:30 m de 10 cm para conocer la estructura del bosque.

3.5. Cálculos de las variables dasométricas

Cálculo del área basal

El procedimiento para estimar el volumen de los árboles en pie consiste en convertir a volumen, algunas de las características del árbol medidas en campo. Las dos formas más usadas para estimar el volumen de árboles en pie son el método directo y las ecuaciones o tablas de volumen. Las mediciones utilizadas para determinar el volumen por medio del método directo son el área basal (g), la altura (h) y el coeficiente o factor de forma (Ff), (CATIE, 2012).

Ecuación 2

La medición del dap y la determinación del área basal Con la medición del dap se logra determinar la variable área basal, la cual es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho, expresada generalmente en metros o centímetros cuadrados. Esta medición se obtiene con la fórmula correspondiente al círculo (CATIE,2012)

$$G = \pi/4 * d^2$$

Dónde:

g = área basal de un árbol (m²)

d= Diámetro del árbol (m)

p/4= 0,7854

2= constante

Cálculo del volumen fustal o comercial

Según CATIE (2012) basada en las mediciones utilizadas para determinar el volumen por medio del método directo son el área basal (g), la altura (h) y el coeficiente o factor de forma (Ff). La fórmula típicamente utilizada en la estimación del volumen de árboles conocida como fórmula general es la siguiente:

Ecuación 3.

Las mediciones utilizadas para determinar el volumen por medio del método directo son el área basal (g), la altura (h) y el coeficiente o factor de forma (Ff). La fórmula típicamente utilizada en la estimación del volumen de árboles – conocida como fórmula general- es la siguiente (CATIE,2012).

$$V = G * H_f * F_f$$

Donde:

V = volumen del árbol en m³

g = área basal en m²

Hf = altura fustal o comercial del árbol en m

Ff = factor o coeficiente de forma (1 es el valor del cilindro perfecto) (0.5) (CATIE, 2012)

Según CATIE (2012) afirma que, sin embargo, este método tiene algunos inconvenientes que hacen que su aplicación no sea tan confiable. El primero de ellos es que no siempre se estima el valor promedio del coeficiente de forma, sino que se le asigna un valor arbitrario -por lo general alrededor de 0,5 para bosque natural y 0,7 en plantaciones y sistemas agroforestales- y se desconoce si ese valor sobrestima o subestima el verdadero. El segundo es que Ff disminuye a medida que el árbol crece debido a que el manejo adecuado de los árboles busca una forma cilíndrica.

3.6. Determinación de la biomasa aérea, carbono almacenado y carbono fijado

Para determinar la biomasa aérea en el componente arbóreo del bosque y los sistemas silvopasoriles de las 7 fincas del municipio de PAIWAS se generó a partir de los resultados de las variables dasométricas obtenidas por finca a partir del volumen encontrado en el componente arbóreo basado en el método directo de medición de área basal y volumen y altura fustal del árbol.

3.6.1. Estimación de la biomasa aérea total de árboles con base en su volumen comercial de fuste

Para determinar el contenido de biomasa aéreas de las especies presentes en el municipio de PAIWAS se tomó como punto de partida la altura fuste de las especies tomando en cuenta la altura fuste, y la altura de la copa y haciendo uso de factor de biomasa trabajo realizado en el municipio de Matiguás y Rio Blanco.

Según Ruiz García (2002) en los promedios de factor de biomasa realizado en Matiguá y Muy Muy fue de 1.62 ± 0.41 variando entre 1.07 y 2,57, menor valor se presentó en *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea* y los valores más alto se encontró en las especies de Guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*. En la variabilidad de los datos parece responder a las estructuras de copa de los árboles, en caso de *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea* tiene copa pequeñas y densas.

Para la gravedad específica Según (Brown, 1997) la media aritmética es de 0.5 – 0.6 para América central estos datos expresado en (ton/m³ o gramo/cm³). En el caso para los sistemas silvopastoriles y el bosque se utilizó promedio de 0.6 como gravedad específica para la especie presente en las fincas Paiwa. Aunque las ya existe gravedad específica para especies esto se usa en el caso de no se identifiquen en este trabajo se aplicó para todas las especies y la no identificada.

Las tablas de rendimiento estándar estiman el volumen de árboles en pie con algunas de sus dimensiones (dap, altura total). Posteriormente, con ayuda de la gravedad específica y el factor de expansión de biomasa (relación entre biomasa total y biomasa de fuste), puede estimarse la biomasa aérea total (Andrade & Ibrahim, 2003).

Cálculo de la biomasa fustal o comercial

Ecuación 1

$$Bf = Vf \times GE \times FEBa$$

en el caso de (chimbo, 2016) Donde evalúa dos componentes FEBa y FEBs

Donde:

Bf: biomasa forestal (t)

Vf: volumen de fuste (m^3 árbol)

GE: gravedad específica o densidad básica de la madera ($t\ m^{-3}$) Según (Brown, 1997) los promedio para América entre 0.5-0.6.

FEB: factor de expansión de biomasa (1.62).

Cálculo del carbono almacenado

Los países deberán desarrollar factores de incremento de biomasa específicos para los distintos tipos de vegetales y apropiados a las circunstancias nacionales. Los parámetros y las ecuaciones de crecimiento específicos de un país deben basarse en las zonas climáticas dominantes y en la particular composición en especies de las principales zonas de asentamientos del país, antes de realizar estimaciones para asentamientos menos extensos. Si los parámetros de incremento de biomasa específicos de un país se desarrollan a partir de estimaciones de biomasa basadas en materia seca, requieren conversiones a unidades de carbono utilizando una fracción de carbono por defecto (CF) de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ o una fracción de carbono que resulte más apropiada a las circunstancias (IPCC, 2006).

Ecuación 2

Cálculo del stock de carbono en la biomasa arbórea por hectárea

$$\Delta\text{CBA} = (\text{BA} * \text{CF})$$

sin embargo (Rügnitz, M. T, et al. 2019) propuso esta fórmula para biomasa sobre el suelo en el caso de este trabajo se utilizó para biomasa aérea de árboles individuales propuesta por la IPCC.

Donde:

ΔCB = Cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (t C/ha);

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha);

CF = Fracción de carbono (t C /t MS). El valor padrón del (IPCC, 2006) para $\text{CF} = 0,5$.

Cálculo del dióxido de carbono fijado (CO₂)

Según la IPCC (2006). A los efectos de la declaración, los cambios de las categorías de existencias de C (que impliquen transferencias a la atmósfera) se pueden convertir en unidades de emisión de CO₂ multiplicando el cambio en las existencias de C por -44/12.

La conversión de C en CO₂ se basa en la relación de pesos moleculares (44/12). El cambio de signo (-) se debe a la convención de que los aumentos de existencias de C, es decir los cambios de existencias positivos (+), representan una absorción (o emisión «negativa») de la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias de C, es decir los cambios negativos (-) en existencias, representan una emisión positiva a la atmósfera (IPCC, 2006).

Ecuación 3

$$\text{CO}_2 \text{ fijado} = \text{C} * 3.67.$$

Dónde:

CO₂: Es el dióxido de carbono fijado por los árboles expresado en toneladas.

C: Es el carbono almacenado por los árboles expresado en toneladas.

3.67 = Relación del peso molecular del carbono (12/44) para convertir a fijación CO₂ (IPCC, 2006).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición florística del bosque y sistema silvopastoril en las fincas del municipio de Bocana de Paiwas

4.1.1. Composición florística del bosque de la finca El Encanto #1

En total se registraron 201 árboles con una densidad de 402 arb/ha, agrupadas en 25 familias y 32 géneros, las que se incluyen (1) desconocida para la especie, familia y género con una abundancia de 68 árboles por especies en un área total muestreada de 0.05 ha (Cuadro 1).

La composición florística del presente estudio con referencia al estudio realizado por Sánchez Rodas (2019) en el bosque de la finca la Ceiba y Regalo de Dio en Mulukukú, es diferente en cuanto al número de especies, encontrándose 27 especies representadas en 18 familias botánicas, 26 generos, correspondiente a un área muestreada de 0.5 ha.

Cuadro 1. Composición florística de la finca El Encanto #1

Finca	Arboles	Densidad	Especies	Familia	Genero	Abundancia
El Encanto	201	402	33	25	32	68

Entre las familias más predominantes en el bosque en la finca El Encanto #1 sobresalen: la Salicácea con (56 sp), representando un 27.9%, por su parte las otras familias con (20 sp) y un 10.0%, las Fabaceas con (22 sp) con un 10%, lo que representa el 37% de todas las familias en dicho sistema y las otras familias no dominantes con el 63% que no llegan a predominar en el componente arbóreo (Cuadro 2).

Esto se debe al tipo de uso del bosque y el interés del propietario para extracción de leña y postes, lo que hace que la composición florística sea menor debido a que el propietario no adopta un tipo de aprovechamiento de los recursos que le permita mantenerlo al recurso en buenas condiciones.

Cuadro 2. Familia más representativa en el bosque de la finca El Encanto #1

Familia	Especie	Porcentaje (%)
Salicaceae	56	27.9
Fabaceae	22	10.9
Otras familias	20	10.0

4.1.2. Distribución de individuo por clase diamétrica en el bosque

La figura 4, se muestra la distribución de individuo por clase diamétrica en el componente arbóreo del bosque. El mayor porcentaje de individuo está presente en la clase de 10 cm con el 35.8 %, en la que se incluyen un mayor número de individuos jóvenes, seguido de la clase de 20 cm lo que representa un 20.4%.

Es importante señalar que las clases mencionadas en el párrafo anterior la mayoría de los individuos son jóvenes, debido a que una parte del bosque es aprovechado, especialmente los árboles con mayores diámetros los que son usados en diferentes usos, lo que lleva a la presencia de árboles dispersos con especies de uso no maderables.

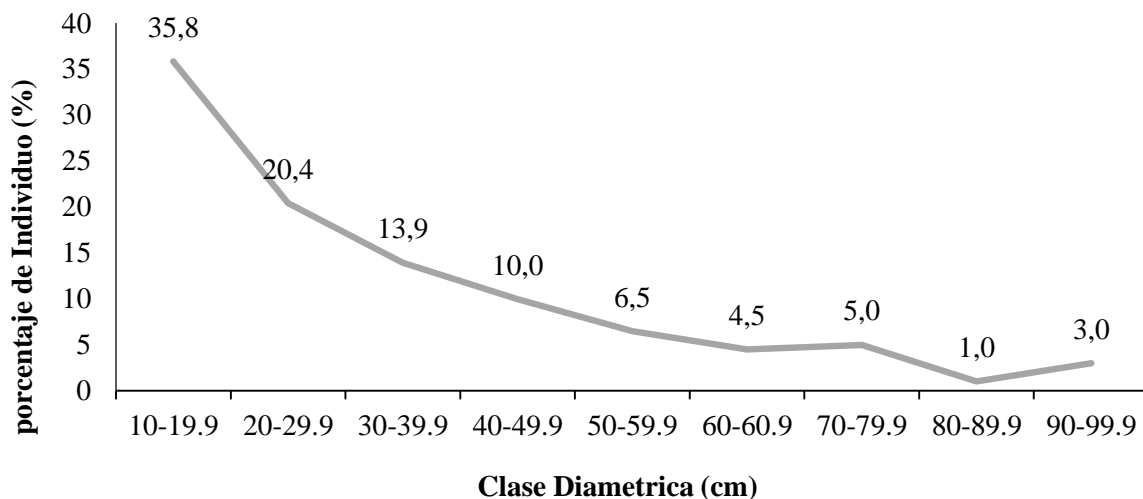


Figura 4. Porcentaje de individuo por clase diamétrica en el bosque de la finca el Encanto #1.

4.2. Sistema silvopastoril

4.2.1. Composición florística

En el sistema silvopastoril, se registró un total de 96 árboles con una densidad de 549 arb/ha, agrupadas en 14 especies, 13 familias botánicas y 14 géneros, las que se incluyen (1) desconocida para la especie, familia y género con una abundancia de 80 árboles por especies en un área total muestreada de 0.175 ha (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición florística en el sistema silvopastoril

No. Árboles	Densidad	Especie	Familia	Género	Abundancia
96	549	14	13	14	80

Entre las familias más predominantes en las siete fincas del Municipio de Bocana de Paiwas en el sistema silvopastoril sobresalen: Bignoniaceae (26 sp), representando un 27.1%, por su parte la Boraginácea con (26 sp) y un 27.1%, las Rubiaceae con (16 sp) con un 16.7%, lo que representa el 70% de todas las familias en dicho sistema y las otras familias no dominantes con el 29.1% que no llegan a predominar en el componente arbóreo. Esto se debe al tipo de uso y el interés del propietario para extracción de leña y postes, lo que hace que la composición florística sea menor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Familia más predominante en el sistema silvopastoril

Familia	Especies	Porcentaje
Bignoniaceae	26	27.1
Boraginaceae	26	27.1
Rubiaceae	16	16.7

4.2.2. Composición florística por finca de acuerdo al número de especies encontrado por finca en el sistema silvopastoril

En el cuadro 5, sobresalen las especies: Palo de agua (*Vochysia guatemalensis* J.D. -Smith.), con 7 individuo, Roble macuelizo (*Tabebuia roseae* Bertol) con 7 individuo en la Finca **La Tormenta**, la especie Roble macuelizo (*Tabebuia roseae* Bertol) con 6 individuo Finca La Humalera, las Desconocida con 4 individuo en la **Finca El Encanto 1** y la Finca Jayalia con 18 como es la especie de Laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken).

La Finca la Tormenta presenta los mayores valores, con referencia al resto, contabilizándose 19 arb/ha con una densidad de 109 árboles/ha, 6 especies, 6 familia botánica y 6 género y una abundancia de 240 árboles por especies. La Finca la Humalera ocupa un segundo lugar con 12 árboles, 69 arb/ha, 5 especies, 5 familia, 5 género y de 20 de individuo por especies, el Encanto 1, en tercer lugar, con 2 árboles, 69 arb/ha, 4 especies, 4 familia y 4 género y 160 individuo por especies y la Finca Jayalía con 28 árboles, una densidad de 160 arb/ha, 4 especies, 4 Familias Botánica y 4 género con abundancia de 160 árboles por especies.

Cuadro 5. Composición florística por fincas en el sistema silvopastoril del municipio de Bocana de Paiwas

Fincas	No. Arboles	Densidad	Especies	Familia	Genero	Abundancia
Encanto 1	12	69	4	4	4	160
Encanto 2	14	80	3	3	3	120
Paraíso	6	34	3	3	3	120
Delicia	5	29	1	1	1	40
Humalera	12	69	5	5	5	200
Jayalía	28	160	4	4	4	160
La Tormenta	19	109	6	6	6	240

4.2.3. Distribución de individuo en clase diamétrica para el área total muestreada

En la Figura 5, se presenta la distribución de individuo según las clases diamétricas, sobresaliendo con el mayor porcentaje de individuo la clase de 10 cm con el 56.3%, y la clase de 20 cm con el 24,0%. Por su parte las clases de 30 a 70 cm los individuos disminuyen debido a la distribución en todos los sitios, lo que es común en áreas de intervenciones, árboles jóvenes y áreas de sucesión.

Se distingue que el número de árboles tiende a disminuir a medida que las clases diamétricas aumentan, lo que resulta una distribución típica, conocida como “J” invertida, lo que según Lamprecht (1990), es una característica típica de los bosques heterogéneos tropicales, lo cual garantiza la regeneración natural que repondrá los árboles maduros. Es muy importante destacar que, a medida que la tendencia en clase diamétrica aumenta los porcentajes de individuo disminuyen por la heterogeneidad del sitio ya que la cobertura arbórea es baja y dispersa, y que con el tiempo estos pueden aumentar la cobertura forestal debido a alteraciones de los sistemas silvopastoriles (Figura 6).

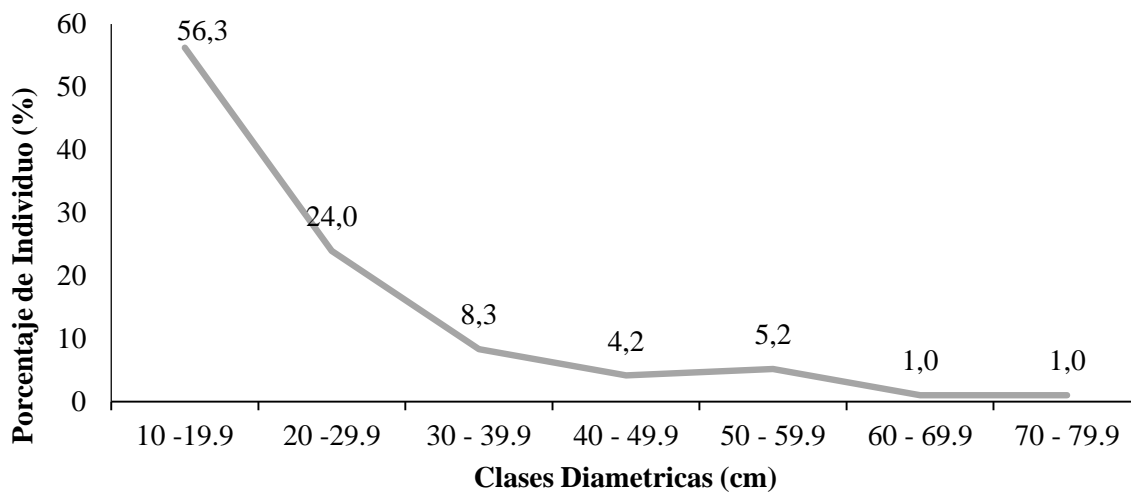


Figura 5. Porcentaje de individuo por clases diamétricas en el sistema silvopastoril

4.3. Estimación de áreas basales, volumen y número de árboles por hectáreas en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril en las siete fincas del Municipio de Bocana de Paiwas

4.3.1. Componente Bosque

Para el componente arbóreas en los valores de los datos dendrométricos se encontró un total de 402 arb/ha con un área basal de 52.5 m²/ha, un volumen maderable de 271.6 m³/ha para el componente arbóreo para una finca el Encanto 1 (Cuadro 6).

4.3.2. Sistema silvopastoril

En el Cuadro 6, se hace mención de los datos dendrométrico para el sistema silvopastoril, los cuales registran 549 arb/ha, área basal con un total de 29.5 m²/ha y volumen 86.6 m³/ha.

Lo referido a la finca el Encanto #1, se encontraron los mayores valores de número de árboles, área basal y volumen con 69 arb/ha, 12.2 m²/ha, y 39.7m³/ha, en segundo lugar la finca Jayalía con un total de 160 arb/ha, área basal de 6.1 m²/ha y volumen de 18.3 m³/ha, en tercer lugar la finca la Tormenta con 109 arb/ha, área basal de 3.6 m²/ha y volumen de 12.1 m³/ha.

Para toda el área muestreada se cuenta con un total de 549 arb/ha, área basal 29.5 m²/ha y volumen de 86.6 m³/ha en las siete fincas en un área total de 0.175 ha. Esto se debe al tipo de aprovechamiento que realizan los productores al recurso forestal como una necesidad de solventar actividades propias de sus fincas.

Cuadro 6. Número de árboles, áreas basales y volumen por hectáreas en el bosque y el sistema silvopastoril

Finca	Arb/ha	G (m²/ha)	Vt (m³/ha)	Arb/ha	G (m²/ha)	Vt (m³/ha)
El Encanto	402	52.5	271.6	69	12.2	39.7
El Encanto 2				80	2.7	6.9
El Paraiso				34	1.7	3.9
La Delicia				29	1.0	1.6
La Humalera				69	2.2	4.2
La Jayalia				160	6.1	18.3
La Tormenta				109	3.6	12.1
total	402	52.5	271.6	549	29.5	86.6

Arb/ha: Árboles en hectáreas

Arb/ha: Árboles por hectárea

G (m²/ha): Áreas basales en metros cuadrados por hectáreas.

Vt (m³/ha): Volumen total en metros cubico por hectárea

4.4. Biomasa fustal, carbono almacenando (CO) y carbono fijado (CO₂) en toneladas por hectárea en el bosque por especies en la finca el encanto #1

Los mayores valores de biomasa fustal por especie lo presenta en primer lugar las clasificadas como otras especie con una 44.9 t/ha de biomasa, carbono almacenado de 22.5 t/ha, una fijación de 82.4 t/ha, seguido por *Brosimum alicastrum* Sw con 38.7 t/ha de biomasa, 19.3 t/ha carbono almacenado y 71.0 t/ha de carbono fijado, el tercero puesto lo ocupa *Homalium racemosum* Jacq con 30.2t/ha de biomasa, un almacenamiento de 15.1 t/ha y una fijación de 55.4 t/ha, en cuarto lugar *Spondias mombin* L con 21.2 t/ha de biomasa, 10.6 t/ha de carbono almacenado y 38.9 to/ha fijado, en quinto lugar *Triplaris melaenodendron* Bertol con 19.5 t/ha de biomasa, 9.7 t/ha almacenado, y 35.7 t/ha fijado, en sexto lugar *Terminalia catappa* L con 16.6 t/ha de biomasa, 8.3 t/ha almacenado, 30.5 t/ha fijado, en séptimo *Lonchocarpus parviflorus* Benth con una 16.3 t/ha de biomasa, 8.1 t/ha almacenado, c 29.8 t/ha fijado, en octavo *Zuelania guidonia* (Sw.) Britton & Millsp con 13.1 t/ha de biomasa, de 6.6 t/ha almacenado y 24.1 t/ha fijado, en noveno lugar *Pentaclethra macroloba* (wild) kuntze con 10.3 t/ha de biomasa, 5.2 t/ha almacenado y 19.0 t/ha fijado (Cuadro 7).

Para las tres estimaciones calculadas, se encontró que estos valores disminuyen en otras especies, debido a que pueden encontrarse árboles que dejan de fijar carbono por sus propios procesos fisiológicos, otra razón se debe a la densidad de las especies en la fijación o la acumulación de su biomasa de fuste o a su carbono almacenado o las intervenciones del bosque, así mismo por el grado de presión que se ejerce en las especies (ver Anexo 4)

Cuadro 7. Estimación de biomasa forestal, carbono almacenado y carbono fijado por especies en toneladas por hectáreas en el bosque de la finca el Encanto #1 en Bocana de Paiwas 2018

Especie	Bf (t/ha)	CO (t/ha)	CO ₂ (t/ha)
otras especies	44.9	22.5	82.4
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	38.7	19.3	71.0
<i>Homalium racemosum</i> Jacq	30.2	15.1	55.4
<i>Spondias mombin</i> L.	21.2	10.6	38.9
<i>Triplaris melaenodendron</i> Bertol.	19.5	9.7	35.7
<i>Terminalia catappa</i> L.	16.6	8.3	30.5
<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.	16.3	8.1	29.8
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.	13.1	6.6	24.1
<i>Pentaclethra macroloba</i> (wild) kuntze	10.3	5.2	19.0

4.5. Biomasa fustal, carbono almacenando (CO) y carbono fijado (CO₂) en toneladas por hectárea en el sistema silvopastoril por especies arbóreas

En el sistema silvopastoril se destacan seis especies con mayores los mayores valores en Biomasa fustal, carbono almacenando y carbono fijado. La primera es *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero ex A.DC con una 21.2 t/ha de biomasa, 10.6 t/ha carbono almacenado, y 39.0 t/ha de carbono fijado, en segundo lugar *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken de Bf 19.6 t/ha de biomasa, 9.85 t/ha de carbono almacenado y 36.1 t/ha carbono fijado, en tercer lugar por *Licania arborea sem* con 12.8 t/ha de biomasa, 6.4 t/ha carbono almacenado y 23.5 t/ha carbono fijado, cuarto lugar *Luehea candida* (DC.) Mart con 8.6 t/ha de biomasa, 4.33 t/ha carbono almacenado, y 5.9 t/ha carbono fijado, en quinto *Morinda panamensis* Seem con 7.7 t/h de biomasa, de 3.8 t/ha carbono almacenado y 4.1 t/ha carbono fijado, en sexto y último lugar 6.4 t/ha de biomasa, 3.2 t/ha carbono almacenado, 11.8 t/ha carbono fijado (Cuadro 8).

En el caso de otras especies que no alcanzan un número mayor de estimaciones se debe al grado de intervención y manejo de las especies forestales y el aprovechamiento por parte de los propietarios de las fincas para el consumo de leña o poste (Ver Anexo 5).

Cabe señalar que las estimaciones totales de biomasa, carbono y fijación de carbono para el bosque, sobresalen diez especies con 264.0 t/ha de biomasa, 132.0 t/ha de carbono almacenado y 484.4 t/ha carbono fijado del área inventariada.

En cuanto al sistema silvopastoril se registraron seis especies con los mayores valores totales en biomasa con 84.2 t/ha de biomasa, 42.1 t/ha carbono almacenado, y 154.5 t/ha de carbono fijado.

Cuadro 8. Estimación de biomasa forestal BF, carbono almacenado CO y carbono fijado CO₂ por especies en toneladas por hectáreas en el sistema silvopastoril de la Bocana de Paiwas 2018

Especies	Bf (t/ha)	CO (t/ha)	CO₂ (t/ha)
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	21.3	10.6	39.0
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	19.7	9.8	36.1
<i>Licania arborea</i> sem.	12.8	6.4	23.6
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	8.7	4.3	15.9
<i>Morinda panamensis</i> Seem.	7.7	3.9	14.2
<i>otra especie</i>	6.5	3.2	11.9

4.6. Comportamiento estructural del bosque y el sistema silvopastoril en la cuantificación de biomasa fustal, Almacenamiento CO y la fijación de CO₂ de municipio de Bocana de Paiwas 2018

Para conocer el comportamiento de la estructura arbórea para el bosque y el sistema silvopastoril a partir del DAP a los 1.30 m y considerando aquellos arboles \geq a 10 cm, se consideró la estimación de biomasa fustal, carbono almacenado y la fijación de dióxido de carbono dentro en las fincas del municipio de Bocana de Paiwas, lo que permite comprender la estimación y distribución de las clases diamétrica en la estructura horizontal del bosque y el sistema silvopastoril presente de las finca.

4.6.1. Numero de individuo y carbono fijado por distribución diamétrica para árboles \geq 10 cm en el Bosque en la finca el Encanto #1

La figura 6, se presenta la cantidad de árboles por hectárea según la clase diamétrica. Para la finca el Encanto # 1, la clase de 10 - 19.9 cm presenta el mayor número de individuos con 144 arb/ha, seguido de la clase de 20 - 29.9 cm con 89 arb/ha, en tercero la clase de 30 - 39.9 cm con 56 arb/ha y finalmente la categoría de 40 - 49.9 cm con 40 arb/ha.

Las siguientes categorías diamétricas muestran un bajo número de árboles, lo que indica que a medida que aumenta la clase diamétrica en número de individuo disminuye, por consiguiente, los árboles de diámetros mayores han sido aprovechados. Esta información de la vegetación arbórea responde de forma natural a un desarrollo de la “J” invertida. Lo que se espera a futuro sus edades de crecimiento puede aumentar.

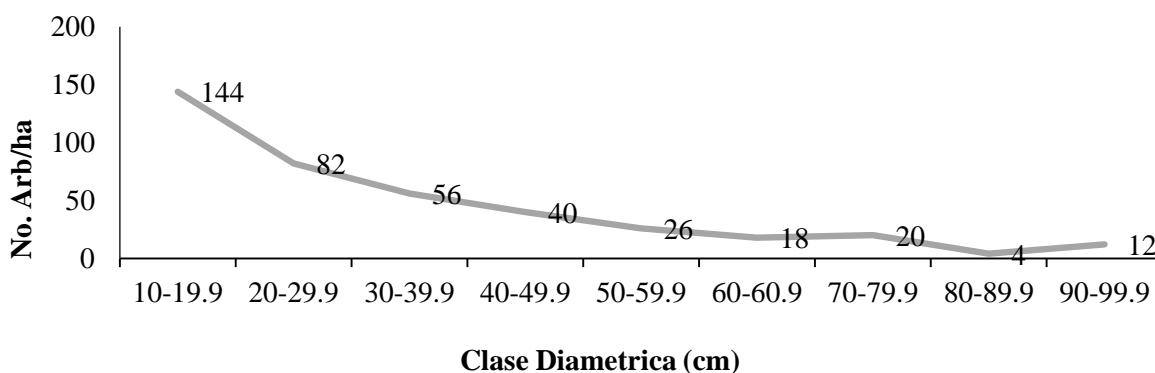


Figura 6. Distribución diamétrica para árboles \geq 10 cm en el Bosque de la finca el Encanto #1 en Paiwas 2018

En la figura 7, se muestran los resultados alcanzados por las categorías diamétricas en el bosque para la fina El Encanto # 1. Donde los mayores valores obtenidos de carbono fijado CO₂ se presentan en la categoría de 90 - 99.9 cm de DAP con 134.5 t/ha, seguido en un segundo lugar la clase de 70 - 79.9 cm con 79.7 t/ha, las categorías restantes presentan valores menores debido al número de arboledas y el área basal encontrada.

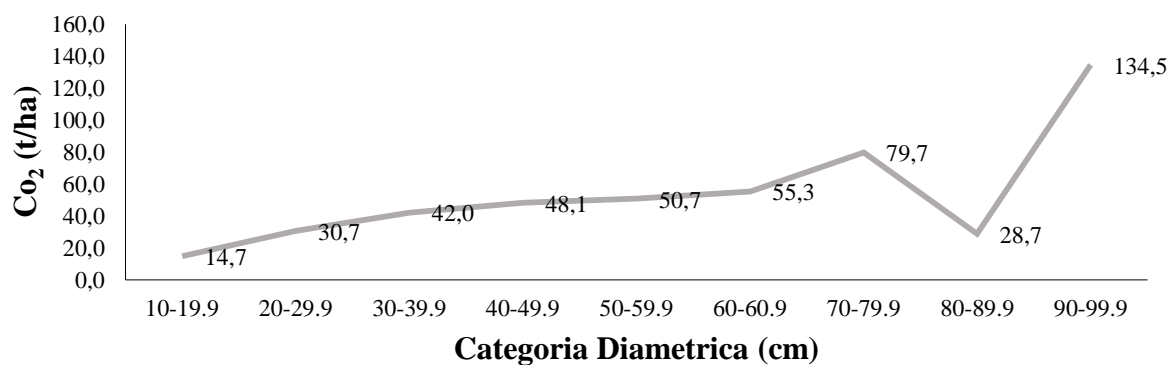


Figura 7. Dióxido de carbono fijado (CO₂) t/ha por clase diamétrica para el bosque en la finca el Encanto #1 en Paiwas 2018

4.6.2. Número de individuo y carbono fijado por distribución diamétrica para árboles ≥ 10 cm en el sistema silvopastoril

En la Figura 8, para las áreas Silvopastoriles en las 7 fincas la clase diamétrica de 10 -19.9 cm resultó con los mayores valores de árboles por hectárea con 309 arb/ha, seguido clase diamétrica de 20 - 29.9 cm con un total de 131 arb/ha, y en tercer lugar clase de 30 - 39.9 cm con un total de 46 arb/ha. Las siguientes categorías diamétricas presentan un bajo número de árboles, lo que indica que a medida que aumenta el diámetro normal el número de árboles disminuye, por consiguiente, los árboles de diámetros mayores han sido aprovechados.

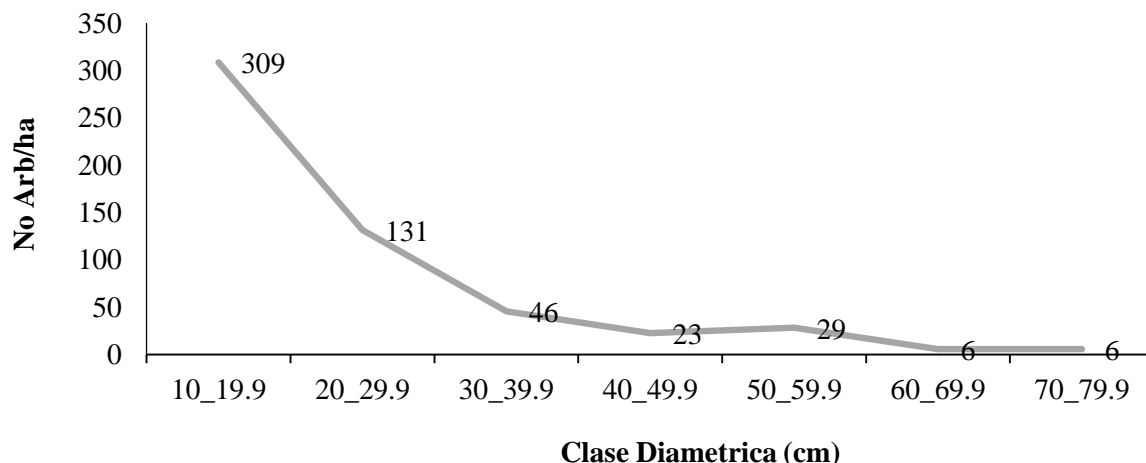


Figura 8. Distribución diamétrica para árboles ≥ 10 cm en el sistema silvopastoril para las 7 fincas del Municipio de Bocana de Paiwas 2018

En la figura 9, se presentan los resultados obtenidos por las categorías diamétricas en sistemas silvopastoril para las 7 fincas del Municipio de Bocana de Paiwas. Los mayores valores obtenidos para el carbono fijado CO_2 se encuentran en la categoría de 50 - 59.9 cm con 37.7 t/ha, seguido de la categoría 20 - 29.9 cm con 29.1 t/ha y en tercer lugar la categoría 10 - 19.9 cm con 25.3 t/ha, las restantes categorías presentan valores menores debido al número de árbol y el área basal encontrada.

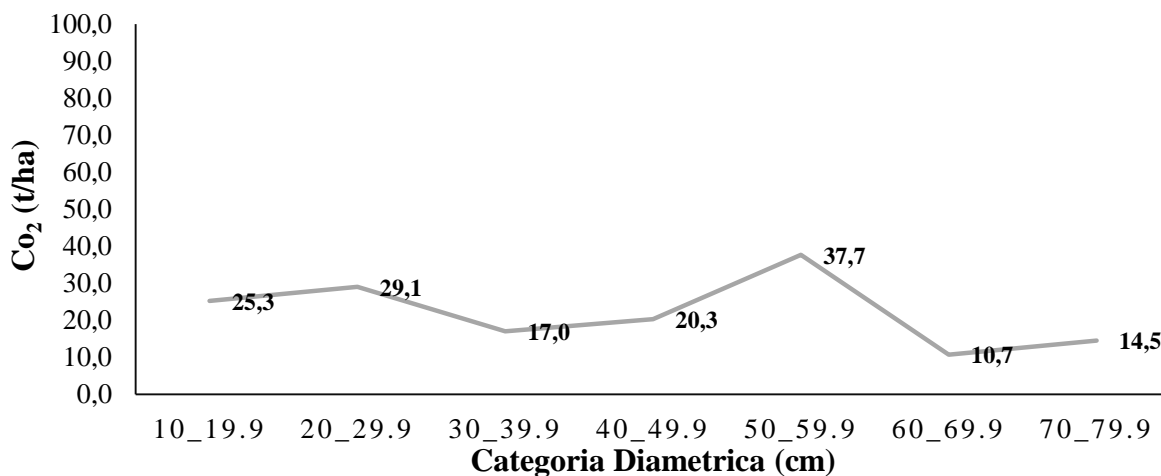


Figura 9. Dióxido de carbono fijado (CO_2) toneladas/ha por clase diamétrica en el sistema silvopastoril para las 7 fincas del Municipio de Bocana de Paiwas 2018

4.6.3. Estimación de biomasa fustal en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril por finca

En el Cuadro 9, el bosque presenta una biomasa fustal de 132.0 tonelada del 100% de la biomasa total, lo que equivale a 264.0 t/ha de biomasa, la que es generada a partir del volumen maderable del total de especies encontrada en el muestreo forestal en un área de 0.5 hectáreas.

Es importante hacer mención que el muestreo de bosque solo se realizó en la finca el Encanto #1, aquí solo se establecieron dos parcelas debido a que dicha finca presentaba área de bosque.

Para el sistema silvopastoril la biomasa total corresponde a un total de 14.7 tonelada del 100% de la biomasa total en las 7 finca, lo que equivale a 84 ton/ha de biomasa en relación al área muestreada que equivale a 0.175 ha.

Cuadro 9. Estimación de biomasa por finca para el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril

Bosque				Sistema silvopastoril		
Finca	Biomasa (t)	Biomasa (%)	Biomasa (t/ha)	Biomasa (t)	Biomasa %	Biomasa (t/ha)
El Encanto 1	132.0	100	264.0	6.7	45.8	38.5
El Encanto 2				1.2	7.9	6.7
El Paraiso				0.7	4.5	3.8
La Delicia				0.3	1.8	1.6
La Humalera				0.7	4.9	4.1
La Jayalia				3.1	21.1	17.8
La Tormenta				2.1	14.0	11.8
Total general	132.0	100	264.0	14.7	100	84

4.6.4. Estimación del almacenamiento de carbono CO por finca para el bosque y el sistema silvopastoril

El bosque presenta en la fina El Encanto #1 presentó 66.0 tonelada de carbono almacenado que representa el 100 % en 0.5 ha, lo que equivale a 132.0 t/ha de carbono almacenado (Cuadro 10).

Para el sistema silvopastoril el carbono almacenado es 7.4 tonelada del 100 %, correspondiente a un total de 42.1 t/ha de carbono almacenado en 0.175 ha en las siete fincas del municipio.

Cuadro 10. Estimación del carbono almacenado por finca en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril

Bosque				Sistema silvopastoril		
Finca	CO (t)	Carbono (%)	CO (t/ha)	Co (t)	Carbono (%)	CO (t/ha)
El Encanto 1	66.0	100	132.0	3.4	45.8	19.3
El Encanto 2				0.6	7.9	3.3
El Paraíso				0.3	4.5	1.9
La Delicia				0.1	1.8	0.8
La Humalera				0.4	4.9	2.1
La Jayalía				1.6	21.1	8.9
La Tormenta				1.0	14.0	5.9
Total general	66.0	100	132.0	7.4	100	42.1

4.6.5. Estimación y cuantificación de la fijación de CO₂ por finca para el bosque y el sistema silvopastoril

En el cuadro 11, el bosque en la finca El Encanto # 1 se destaca con la mayor fijación de CO₂ con 242.2 toneladas del 100% del total del área muestreada de 0.5 ha y una fijación total de 484.5 t/ha.

Para el sistema silvopastoril representa un total de 27.0 toneladas del 100% del total del área muestreada de 0.175, equivalente a una fijación de 154.5 t/ha.

Cuadro 11. Estimación del dióxido carbono Fijado CO₂ en el componente arbóreo del bosque y el sistema silvopastoril

Bosque				Sistema Silvopastoril		
Finca	CO₂ (t)	CO₂ (%)	CO₂ (t/ha)	CO₂ (t)	CO₂ (%)	CO₂ (t/ha)
El Encanto	242.2	100	484.5	12.4	45.8	70.7
El Encanto 2				2.1	7.9	12.2
El Paraíso				1.2	4.5	7.0
La Delicia				0.5	1.8	2.9
La Humalera				1.3	4.9	7.6
La Jayalia				5.7	21.1	32.6
La Tormenta				3.8	14.0	21.6
Total general	242.2	100	484.5	27.0	100	154.5

V. CONCLUSIONES

En el bosque se logró registrar 201 árboles, una densidad de 402 arb/ha, agrupadas en 33 especies 25 familias botánica, 32 géneros y 68 árboles por especies. Las familias más sobresalientes son *Salicaceae* con 56 sp con el 27.9 %, *otra familia* con 20 sp y un 10%, *Fabaceae* con 22 sp, con el 10%. En el Sistema silvopastoril 96 árboles, densidad 549 arb/ha, 14 especies, 13 familias botánicas, 14 géneros y 80 árboles por especies. Las familias más representativas Bignoniaceae con 26 árb/sp con el 27%, Boraginaceae 26 árb/sp con un 27.1%, Rubiaceae 16 arb/sp con el 16.1%.

El mayor valor de biomasa para el bosque es de 264.0 t/ha lo que corresponde al inventario de la finca Encanto # 1. En el sistema silvopastoril se encontró un total de biomasa correspondiente a 84 t/ha para las 7 fincas.

El carbono almacenado en el bosque es de 132.0 t/ha y para el sistema silvopastoril de 42.1 t/ha del muestreo total de las 7 fincas. Seguido por la fijación de CO₂ para el bosque representa el 484.5 t/ha del total encontrado de la muestra, por su parte el sistema silvopastoril tiene un valor de 154.5 t/ha.

VI. RECOMENDACIÓN

- Promover la generación de estudio de rentabilidad por parte de CONAGAN para presentar al productor la importancia económica de los árboles en los sistemas de producción, mejorar sus prácticas de uso de suelo y que estas sean amigables al medio ambiente para el mejoramiento de sus sistemas productivos.
- Realizar otras investigaciones orientadas en la importancia de la diversificación de árboles en los sistemas silvopastoriles y los co-beneficios como: fijación de carbono, producción de agua, aportes de biomasa, en el municipio de Paiwas a fin de crear conciencia en los productores.
- Fomentar la diversificación con árboles forrajeros, especies forestales y frutales nativos en el arreglo de los sistemas silvopastoriles en las fincas socias de CONAGAN del municipio de Paiwas.

VII. LITERATURA CITADA

- Andrade, H. J., & Ibrahim, M. (2003).** *¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles.* *Agroforestería en las Américas* Vol. 10 N° 39 - 40. 110-116.
- Aldana P, C. E. (2008).** Medicion forestal. Texto para ingeniero forestal. Sede Universitaria Municipal del (SUM) Pinar del rio. Brasil (BR). 326 Pág.
- Brow; S. (1997).** Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. Department of Natural Resources and Environmental Sciences University of Illinois Urbana, Illinois, USA. Reprinted with corrections 1997. Roma Italia (IT). 134 pag
- CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2012).** Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica / **Ammour, Tania ...[et al];** editado por Guillermo Detlefsen y Eduardo Somarriba.- 1ed.-Turrialba, CR:CATIE, .: il - (Serie técnica Manual Tecnico/ CATIE: no.109). 244 Pág.
- CATIE (Centro Agronomico de Investigacion y Enseñanza). (2001).** Silvicultura de bosques latifoliados humedos con enfasis en America Central, eds Bastiaan Louman, David Quiroz, Margarita Nilsson, Turrialba Costa Rica. C.R. (serie manual tecnico de CATE; no. 46). 265 Pag.
- CATIE (Centro Agronomico de Investigacion y Enseñanza). (2012).** Produccion de madera en sistemas agroforestales de centroamérica / Tania Amour ... (*et al.*); editado por Detlefsen G y Somarriba E. – 1ed. – Turrialba, CR.: il.- (Serie técnica. Manual técnico / CATIE; no. 109). 244 pág.
- Chimbo Yari, I. J. (2016).** Evaluación del Carbono en la Biomasa de dos Especies Forestales Introducidas (*Eucaliptus* y *Pinus*) y una Especies Nativa de (*Hesperomeles Ferruginea*) en el Bosque de Aguarongo. Universidad Salesiana Cuenca. Ecuador. Febrero 2017.35-62 pag.
- Hernández, R (SF).** Silvicultura y Manejo integral de los Recursos Forestales. Silvicultura subtema 3.1.1. Unidad III: SL. 27 Pág.
- INAFOR (Insituto Nacional Forestal). (2009).** **Resultados del Inventario Nacional Forestal).** Nicaragua 2007-2008/INAFOR. –^a ed. – Managua:232 pág.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal) (2008).** Manual de campo inventario nacional forestal de Nicaragua. 193 pág.
- INETER (Instituto Nacional de Estudios Territoriales) (1998).** Observatorio de la Autonomía Regional Multiétnica Uraccan. Caracterización de Rio Blanco Paiwas. SP.

- Ortiz Guerrero, A. M & Riascos Chalapud, L. D. (2006).** Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L y Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Universidad de Nariño Facultad de ciencias agrícolas programa de ingeniería Agroforestal San Juan de Pasto. C. R. 111 Pág.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático IPCC, (2006)...** Capitulo 2. Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. [Aalade, H. *et al.*]. Volumen (4). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Ginebra. Suiza (CH) 11-65 pàg.
- Prodan, M. Peters, R. Cox, F. Real, P. (1997).** Mensura Forestal. San José, Costa Rica. IICA (Serie investigación y educación en desarrollo sostenible). Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>.
- Quezada, J (2010).** Especies arbóreas del Arboretum Alain Meyrat. -- 1a ed. -- Managua: UNA, 2010. v.1. 129 pág.
- Ríos T. J, (2008).** Base técnica para el manejo forestal en bosque secundarios. Una aproximación al análisis de la dinámica de población de los bosques secundarios de selva central de PERÚ. San Ramon Perú, P.R. 66 Pág.
- Rodríguez. J & Pratt. L. (1998).** Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Nicaragua. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE). NI. Pp 8-51 Pág.
- Ruiz G, A. (2002).** Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas Silvopastoriles y Competitividad Económica en Matiguás, Nicaragua. Trabajo de Posgrado. CATIE. Turrialba Costa Rica (C.R).106 Pág.
- Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. (2009).** Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazônica (IA). Perú (PE). 2009. 3-28-79 pág.
- Sánchez Rodas.; N I & Irías Gutiérrez.; N. A. (2019).** Biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en sistema bosque y sistema silvopastoril en siete fincas del municipio de Mulukukú, RACN, 2018. Trabajo de grado. UNA. Universidad Nacional Agraria.NI. 15-57 pág.
- Ugalde A, LA. (1981).** Conceptos básicos de dasometría. Turrialba, Costa Rica. CATIE Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/A5909e/A5909e.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Lista de especies en la composición florística en el bosque

Especies	Nombre científico	Familia	Género
Aguacate montero	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm	Lauraceae	Cinnamomum
Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	Terminalia
Areno	<i>Homalium racemosum</i> Jacq	Salicacia	Homalium
Cacahuillo	<i>Trichilia pallida</i> sw	<i>Trichilia</i>	Trichilia
Caimito	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	Melastomataceae	Miconia
Capirote	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC	Melastomataceae	Conostegia
Capulín	<i>Muntingia calabura</i> L.	Muntingiaceae	Muntingia
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	Cedrela
Ceiba pochote	<i>Bombacopsis quinata</i> jacq.	Bombacaceae	Bombacopsis
Chaperno	<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth.	Fabaceae	Lonchocarpus
Cojón	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Apocynaceae	Stemmadenia
Corozo	<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth).	Aracaceae	Elaeis
Cortez	<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl.	Bignonaceae	Tabebuia
Desconocido	<i>Desconocido</i>	Desconocido	Desconocido
Elequeme	<i>Erythrina fusca</i> Lour	Fabaceae	Erythrina
Espavel	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb)	Anacardiaceae	Anacardium
Gavilán	<i>Pentaclethra macroloba</i> (wild) kuntze	Mimosaceae	Pentaclethra
Guaba	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Fabaceae	Inga
Guácimo	<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart	Malvaceae	Luehea
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae	cecropia
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Psidium

Hoja Tostada	<i>Licania arborea</i> sem	Chrysophalaceae	Licania
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L	Anacardiaceae	Spondias
Kerosén	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Burseraceae	Tetragastri
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> L	Boraginaceae	Cordia
Lechoso	<i>Sideroxylon portoricense</i> ssp	Sapotaceae	Sideroxylon
Nancitón	<i>Hyierominia alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	Hyierominia
Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw	Moraceae	Brosimun
Palo de hule	<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem	Moraceae	Ficus
Plomo	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp	Salicacia	Zuelania
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i> Jacq	Fabaceae	Lysiloma
Roble	<i>Tabebuia roseae</i> Bertol	Bignoniaceae	Tabebuia
Tabacón	<i>Triplaris melaenodendron</i> Bertol	Polygonaceae	Triplaris

Anexo 2. Lista de especies en la composición florística del sistema silvopastoril

Nombre común	Nombre científico	Familia	Genero
Aguacate de monte	<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm	Lauraceae	Cinnamun
Cola de pava	<i>Cupania glabra</i> Sw	Sapindaceae	Cupania
Desconocido	<i>Desconocido</i>	Desconocido	Desconocido
Guaba	<i>Inga thibaudiana</i> DC	Fabaceae	Inga
Guácimo	<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart	Malvaceae	Luehea
Hoja tostada	<i>Licania arborea</i> Sem	Chrysophalaceae	Licania
Jícara	<i>Crescentia alata</i> HBK	Bignoniaceae	Crescentia
Jobo	<i>Spondias mombin</i> L	Anacardiaceae	Spondia
Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Cordia
Palo cangrejo	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch	Araliaceae	Dendropanax
Palo de agua	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. -Smith	Vochysiaceae	Vochysia
Plomo	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp	Salicacia	Zuelania
Roble macuelizo	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC	Bignoniaceae	Tabebuia
Yema de huevo	<i>Morinda panamensis</i> Seem.	Rubiaceae	Morinda

Anexo 3. Área basal en el bosque y el sistema silvopastoril

Finca	Arb/ha	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)	Arb/ha	G (m ² /ha)	Vt (m ³ /ha)
El Encanto	402	52.5	395.2	69	12.2	39.7
El Encanto 2				80	2.7	6.9
El Paraiso				34	1.7	3.9
La Delicia				29	1.0	1.6
La Humalera				69	2.2	4.2
La Jayalia				160	6.1	18.3
La Tormenta				109	3.6	12.1
total	402	52.5	395.2	549	29.5	86.6

Anexo 4. Biomás, carbono almacenando y carbono fijado por especies en el bosque en la finca el encanto #1.

Especie	Bf (t/ha)	Co (t/ha)	Co ₂ (t/ha)
<i>otra especie</i>	44.93	22.47	82.45
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw	38.70	19.35	71.01
<i>Homalium racemosum</i> Jacq	30.18	15.09	55.39
<i>Spondias mombin</i> L	21.18	10.59	38.86
<i>Triplaris melaenodendron</i> Bertol	19.48	9.74	35.74
<i>Terminalia catappa</i> L	16.62	8.31	30.49
<i>Lonchocarpus parviflorus</i> Benth	16.26	8.13	29.83
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp	13.14	6.57	24.11
<i>Pentaclethra macroloba</i> (wild) kuntze	10.33	5.17	18.96
<i>Trichilia pallida</i> sw	6.56	3.28	12.03
<i>Lysiloma divaricatum</i> Jacq	6.04	3.02	11.08
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	5.96	2.98	10.94
<i>Bombacopsis quinata</i> jacq	5.37	2.69	9.86
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart	4.98	2.49	9.13
<i>Cordia alliodora</i> L	4.80	2.40	8.81
<i>Cedrela odorata</i> L	3.72	1.86	6.82
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC	2.60	1.30	4.77
<i>Sideroxylon portoricense</i> ssp	2.13	1.07	3.91
<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl	2.07	1.03	3.80
<i>Hyierominia alchorneoides</i> Allemao	1.92	0.96	3.51
<i>Inga thibaudiana</i> DC	1.60	0.80	2.93
<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth)	1.49	0.75	2.73
<i>Muntingia calabura</i> L	1.18	0.59	2.16
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC	0.63	0.32	1.16
<i>Licania arborea</i> sem	0.46	0.23	0.85
<i>Psidium guajava</i> L	0.41	0.21	0.75
<i>Tabebuia roseae</i> Bertol	0.32	0.16	0.59

<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC	0.27	0.13	0.49
<i>Ficus elastica</i> Roxb. ex Hornem.	0.23	0.11	0.42
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm	0.20	0.10	0.37
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb.)	0.18	0.09	0.32
<i>Erythrina fusca</i> Lour	0.05	0.03	0.10
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	0.05	0.02	0.09
Total	264.01	132.01	484.46

Anexo 5. Biomasa, carbono almacenado, carbono fijado por especies para el sistema silvopastoril

Especies	Bf (t/ha)	CO (t/ha)	CO² (t/ha)
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC	21.28	10.64	39.04
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	19.69	9.85	36.14
<i>Licania arborea</i> sem	12.84	6.42	23.56
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart	8.66	4.33	15.90
<i>Morinda panamensis</i> See	7.71	3.86	14.15
otra especie	6.48	3.24	11.89
<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn. -Smith	2.83	1.42	5.19
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm	1.46	0.73	2.67
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp	1.34	0.67	2.47
<i>Cupania glabra</i> Sw	1.12	0.56	2.06
<i>Spondias mombin</i> L	0.45	0.23	0.83
<i>Inga thibaudiana</i> DC	0.27	0.13	0.49
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch	0.05	0.03	0.09
<i>Crescentia alata</i> HBK	0.03	0.01	0.05
Total	84.22	42.11	154.55

Anexo 6. Biomasa fustal, carbono almacenando, carbono fijado por categoría diamétrica en el bosque

CD	No. Arb/ha	Bf (t/ha)	CO (t/ha)	CO2 (t/ha)
10-19.9	144	8.0	4.0	14.7
20-29.9	82	16.7	8.4	30.7
30-39.9	56	22.9	11.4	42.0
40-49.9	40	26.2	13.1	48.1
50-59.9	26	27.7	13.8	50.7
60-60.9	18	30.1	15.1	55.3
70-79.9	20	43.4	21.7	79.7
80-89.9	4	15.7	7.8	28.7
90-99.9	12	73.3	36.7	134.5
Total	402	264.0	132.0	484.5

Anexo 7. Biomasa fustal, carbono almacenando, carbono fijado por categoría diamétrica en el sistema silvopastoril

CD	Arb/ha	Bf (t/ha)	CO (t/ha)	CO² (t/ha)
10_19.9	309	13.8	6.9	25.3
20_29.9	131	15.8	7.9	29.1
30_39.9	46	9.3	4.6	17.0
40_49.9	23	11.1	5.5	20.3
50_59.9	29	20.5	10.3	37.7
60_69.9	6	5.8	2.9	10.7
70_79.9	6	7.9	4.0	14.5
Total	549	84.2	42.1	154.5

Anexo 8. Estimación de biomasa por finca para el componente arbóreo del bosque y en el sistema silvopastoril

Sistema Bosque				Sistema silvopastoril		
Finca	Biomasa (t)	Biomasa (%)	Biomasa (t/ha)	Biomasa (t)	Biomasa %	Biomasa (t/ha)
El Encanto 1	132.0	100	264.0	6.7	45.8	38.5
El Encanto 2				1.2	7.9	6.7
El Paraíso				0.7	4.5	3.8
La Delicia				0.3	1.8	1.6
La Humalera				0.7	4.9	4.1
La Jayalia				3.1	21.1	17.8
La Tormenta				2.1	14.0	11.8
Total	132.0	100	264.0	14.7	100	84

Anexo 9. Estimación del carbono almacenado por finca del componente arbóreo en el bosque y el sistema silvopastoril

Sistema Bosque				Sistema silvopastoril		
Finca	CO (t)	Carbono (%)	CO (t/ha)	Co (t)	Carbono (%)	CO (t/ha)
El Encanto 1	66.0	100	132.0	3.4	45.8	19.3
El Encanto 2				0.6	7.9	3.3
El Paraíso				0.3	4.5	1.9
La Delicia				0.1	1.8	0.8
La Humalera				0.4	4.9	2.1
La Jayalía				1.6	21.1	8.9
La Tormenta				1.0	14.0	5.9
Total	66.0	100	132.0	7.4	100	42.1

Anexo 10. Estimación del dióxido carbono Fijado CO₂ en el componente arbóreo en el bosque y el sistema silvopastoril

Sistema Bosque				Sistema Silvopastoril		
Finca	CO ₂ (t)	CO ₂ (%)	CO ₂ (t/ha)	CO ₂ (t)	CO ₂ (%)	CO ₂ (t/ha)
El Encanto	242.2	100	484.5	12.4	45.8	70.7
El Encanto 2				2.1	7.9	12.2
El Paraíso				1.2	4.5	7.0
La Delicia				0.5	1.8	2.9
La Humalera				1.3	4.9	7.6
La Jayalia				5.7	21.1	32.6
La Tormenta				3.8	14.0	21.6
Total	242.2	100	484.5	27.0	100	154.5

Anexo 11. Registro de datos de la PMP del arbolado mayores o igual a 10 cm de DAP en el bosque 50 x 50 m

NPAR	NAR	Especies	DAP (cm)	At (m)	AF(m)

NPAR: Numero de parcela NAR: Número de árboles. ESPECIES: Se refiere al nombre común de la especie en la zona. DAP: Diámetro a la Altura del Pecho. At: Altura total del Árbol. AF: Altura del fuste del árbol.

Anexo 12. Registro de datos en las parcelas de 10 por 25 m en los sistemas silvopastoriles para el arbolado ≥ 10 DAP

NF	NAR	Especies	DAP (Cm)	At (m)	AF(m)

NF: Numero de fuste. NPAR: Numero de parcela NAR: Número de árboles. ESPECIES: Se refiere al nombre común de la especie en la zona. DAP: Diámetro a la Altura del Pecho. At: Altura total del Árbol. AF: Altura del fuste del árbol.

Anexo 13. Glosario de términos

Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles son sistemas de uso de la tierra en que los árboles o arbustos son combinados con ganado y producción de pastura en la misma unidad de tierra.

Es importante señalar que sólo aquellos sistemas de pastoreo en que los árboles están presentes y juegan un papel interactivo en la producción (por ejemplo, proporcionando sombra para los animales, promoviendo el crecimiento del pasto y proveyendo forraje arbóreo u otros productos del árbol) se pueden considerar como sistemas silvopastoriles (Hernández R, SF).

Tamaño de la parcela

El tamaño de parcela debe representar un equilibrio entre la exactitud, la precisión y el tiempo (costo) de la medición. Para el caso de mediciones del componente arbóreo, el tamaño de la parcela estará relacionado con la cantidad de árboles, diámetro y variancia del carbono almacenado entre las parcelas (Rügnitz, M. T *et al*, 2009).

Dinámica del bosque

En la investigación de CATIE (2003, citado en Ríos T. 2008) se señala que los procesos de cambio en la estructura horizontal, limitaciones factores ambientales y amenazas que este presenta, cambios en estos factores los cuales pueden ser intrínsecos a los procesos dinámicos del bosque (Por ejemplo, durante las fases iniciales de la sucesión, la existencia de una estructura boscosa en si misma cambia el ambiente sobre el suelo, lo que afecta las oportunidades de germinar y establecerse), los cambios también pueden ser causados por factores externos al bosque, como la extracción de madera, los incendios, los vientos huracanados, entre otros.

Composición florística

La composición florística está determinada tanto por los factores ambientales, como posición geográfica, climas, suelos y topografía, como por la dinámica del bosque y la ecología de las especies. Por ejemplo, los factores más importantes que influyen en la composición florística del bosque ligados a la dinámica de bosque y la ecología de las especies que la conforman, están el tamaño y la frecuencias de los claros, el temperamento de las especies y la fuentes de semillas (CATIE, 2001).

Estructura horizontal

Las características del suelo y el clima, las estrategias de las especies y los efectos de disturbio sobre la dinámica del bosque determinan la estructura horizontal del bosque, que se refleja en la distribución de árboles por clase diamétrica. Esta estructura es el resultado de las plantas al ambiente y a las limitaciones y amenaza que presenta. Cambio en estos factores que pueden causar en las estructuras lo cual pueden ser intrínseco a los procesos dinámicos del bosque (CATIE, 2001).

Abundancia

La abundancia es el número de individuos entre especies y también es la cantidad precisa contada de individuos de esa especie con respecto al total de la población censada en un área determinada (Lamprecht, 1990). En otras palabras, la abundancia es la participación de cada especie con el número total de árboles levantados en la muestra respectiva (Ríos T, 2008).

Dominancia o cobertura

Es la suma de las áreas de las copas o de las áreas basales de los individuos de cada especie, proyectadas sobre el suelo en una superficie determinada. Este parámetro permite medir la potencialidad productiva del área. Constituye un parámetro muy útil para determinar la calidad de sitio (Ríos T, 2008).

Frecuencia

Esta dada por el número de parcelas que aparece una especie en relación al total de parcelas (Ríos T, 2008).

Clases diamétricas

La distribución del mayor número de individuos arbóreos en una clase diamétrica, nos orientara a suponer cual es la clase diamétrica mínima de aprovechamiento. El análisis de esta tendencia y el conocimiento de esta tendrá que hacerse en cada tipo de bosque y por cada especie forestal que se quiera extraer, considerando los criterios de abundancia, importancia económica y del peso ecológico (IVI), que permita asegurar un aprovechamiento sostenible de los mismos (Ríos T, 2008).

Cambio climático global y gases de efecto invernadero (GEI)

El Cambio Climático Global o calentamiento global, es un proceso de origen antrópico, que resulta de la aceleración del efecto invernadero natural de la tierra. La importancia de este proceso radica en las consecuencias catastróficas que está generando en todo el mundo como el derretimiento de los polos, incremento del nivel de mar, sequías, huracanes, tormentas, desplazamiento de áreas agrícolas, migración de enfermedades, extinción de especies, entre otras (Ortiz G, *et al* 2006).

Ciclo del carbono

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO₂) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO₂ y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultados que el Carbono de sus tejidos se oxide en CO₂ y regrese a la atmósfera (Ortiz G, *et al* 2006).

El Carbono en ecosistemas forestales

El CO₂ atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco) (Ortiz G, *et al* 2006).

Carbono almacenado (Ca)

Hace referencia a la cantidad de Carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. Tiene en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales (Ortiz G, *et al* 2006).

Carbono fijado (Cf)

Se refiere al flujo de Carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la población. Este tipo de Carbono depende de las características de la especie, la tasa de crecimiento y la longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación. Se expresa en tnC ha⁻¹ año⁻¹ (Ortiz G, *et al* 2006).

