



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

**Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente**

Trabajo de Graduación

**Cuantificación de la biomasa aérea, carbono
fijado y almacenado del componente arbóreo del
bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso
en potreros en siete fincas del municipio de
Páiwas, RACCS**

Autor: Br. María José Salmerón

Asesor:

**Ing. Claudio Calero†
Dr. Guillermo Castro**

Managua, Nicaragua

Octubre, 2020

Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Tesis para optar al título de ingeniero forestal

Trabajo de Graduación

Cuantificación de la biomasa aérea, carbono fijado y almacenado del componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potreros en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS

Autor: Br. María José Salmerón

Asesor: Ing. Claudio Calero†
Dr. Guillermo Castro

Managua, Nicaragua
Octubre, 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. Claudio González.

Presidente

MSc. Miguel Garmendia.

Secretario

MSc. Cristóbal Medina.

Vocal

Managua, Nicaragua
Octubre, 2020.

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
Objetivo general.....	2
Objetivos Específicos	2
III. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3.1. Ubicación del área de estudio.....	3
3.2. Descripción biofísica	3
3.2.1. Geomorfología	3
3.2.2. Hidrografía.....	3
3.2.3. Clima	4
3.2.4. Suelos.....	4
3.3. Proceso metodológico	4
3.3.1. Primer Etapa (pre-campo).....	5
3.3.2. Segunda Etapa (campo).....	8
3.3.3. Tercera Etapa (post - campo)	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	13
4.1 Análisis de la información del bosque latifoliado húmedo	13
4.1.1 Composición florística y estructura.....	13
4.1.2 Riqueza de especie e individuos por hectáreas	13
4.1.3 Estructura del bosque latifoliado húmedo.....	13
4.1.4 Distribución por clases diamétricas.....	14
4.1.5 Área Basal	15
4.1.6 Variables dasométrica por finca.....	15
4.1.7 Cuantificación de biomasa aérea del bosque.....	16

4.1.8 Carbono almacenado y fijado en bosque	16
4.1.9 Especies fijadoras de carbono de acuerdo a su importancia ecológica.	18
4.2. Análisis de la información de arbolado disperso en potrero.....	19
4.2.1. Composición florística y estructural	19
4.2.2. Riqueza de especie e individuos por hectáreas	19
4.2.3. Estructura de la vegetación.....	20
4.2.4. Distribución por categoría diamétrica.....	20
4.2.5. Área Basal	21
4.2.6. Variables dasométricas por finca.....	21
4.2.7. Cuantificación de biomasa aérea en el arbolado disperso en potrero.	22
4.2.8. Carbono almacenado y fijado en el arbolado disperso en potrero.	23
4.2.9. Especies fijadoras de carbono de acuerdo a su importancia ecológica.....	24
V.- CONCLUSIONES	26
VI.- RECOMENDACIONES	27
VII. LITERATURA CITADA	28
ANEXOS.....	31

DEDICATORIA

A DIOS

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A MIS PADRES

Esta tesis está dedicada a mi padre quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. También se la dedicado a mi madre quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez y con todas las ganas de salir adelante a Wilfredo por su apoyo incondicional, sus consejos, y motivación para seguir adelante y cumplir mis sueños de culminar mi carrera (q.e.p.d).

A mis sobrinos y sobrinas Edwards Pineda, Maxwell Pineda, Ma Fernanda Jiménez.

“Y LA LUZ BRILLA EN LAS TINIEBLAS Y LAS TINIEBLAS NO LA COMPRENDIERON.”

Juan 1:5

María José salmerón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A todas las instituciones que me dieron la oportunidad de poner en práctica todos mis conocimientos adquiridos en todas mis asignaturas (INAFOR - Boaco, MARENA - Ocotal, Universidad Nacional Agraria) y el Proyecto CONAGAN, por brindarme su apoyo y financiamiento para la realización de esta investigación.

De manera especial a mi tutor de tesis Ing. Claudio Arsenio Calero (q.e.p.d), por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A mis hermanos ya que de una u otra manera han influido en mi vida con su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importante de mi vida, este logro también es de ustedes.

A Mario José Bermúdez que ha sido más que mi padre y me apoyo en todo lo que pudo en cierta etapa de mi vida.

A Luis Tapia por todo su apoyo en todo el trascurso de mi carrera.

De manera muy especial a doña Luisa Gutiérrez y Madelin Tapia por apoyarme en esta última fase de mi carrera y darme los ánimos necesarios y consejos.

De manera especial a mi profesor de secundaria y un muy buen amigo Luis Alberto Téllez Montenegro por su apoyo incondicional en todo el tiempo que llevo de conocerle.

Los profesores: Lic. MSc. Miguel Ángel Garmendia Z, Ing. Claudio Gonzalez Espino. Ing. Gustavo Sediles, Ing. MSc. Juan José Membreño Ing. Domingo Rivas, Ing. MSc. Fernando Mendoza, Ing. Benito Quezada, Ing. MSc Francisco Reyes, Dr. Guillermo Castro Marín. por apoyarme incondicionalmente en el transcurso de la carrera.

A todos mis amigos, Odelma López, Fanny Urrutia, Alex Chavarría, Ronal Membreño, Engel Hernández, Noe Ponce, Shayra Ballesterero, Hayde Triguero, Alex Picado, Miguel Corea.

A mi buen amigo Carlos Manuel Peinado y a su hermana Nubia y todos sus trabajadores del (Comedor La concha) por su apoyo todos estos años por soportarme y consentirme con mi comida y tratarme de lo mejor.

María José salmerón.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fincas seleccionadas en el municipio de Paiwas.	5
Cuadro 2. Descripción de las variables a mediar en las parcelas permanentes de muestreo.	8
Cuadro 3. Distribución Promedio del Diámetro (DAP) y Altura promedio (A) en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.	14
Cuadro 4. Número de árboles totales, área basal total, volumen total, número de árboles/ha, área basal/ha, volumen/ha y biomasa aérea en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.	15
Cuadro 5. Carbono (C) almacenados y dióxido de carbono (CO ₂) fijado distribuidos por finca.	17
Cuadro 6. Especie fijadoras de Carbono de acuerdo al IVI.	19
Cuadro 7. Distribución del promedio del diámetro normal (DAP) y altura (A) en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS, 2020.	20
Cuadro 8. Número de árboles totales, área basal total, volumen total, número de árboles/ha, Área basal/ha, volumen/ha y biomasa aérea en t/ha en siete fincas del municipio de Páiwás, RACCS, 2020.	22
Cuadro 9. Carbono (C) almacenados y dióxido de carbono (CO ₂) fijado ton y ton/ha distribuidos por finca.	23
Cuadro 10. Especies fijadoras de carbono de acuerdo al IVI.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso metodológico para la realización del estudio en el municipio de Páiwás, RACCS, 2020.....	5
Figura 2. Ubicación de las fincas en el municipio de Páiwás.....	6
Figura 3. Diseño de la parcela de 50 m x 50 m en el área de bosque latifoliado húmedo.....	7
Figura 4. Diseño de la parcela de 10 m x 25 m utilizada en el arbolado disperso.....	7
Figura 5. Riqueza de especies (A) y Número de individuos (B) por fincas en el municipio Paiwas, RACCS, 2020.	13
Figura 6. Comportamiento de la distribución diamétrica por número de individuos encontradas en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.....	14
Figura 7. Distribución del área basal (m ² /ha) por clases diamétrica del bosque latifoliado húmedo en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.....	15
Figura 8. Biomasa aérea producida por clases diamétricas en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.	16
Figura 9. Distribucion del carbono almacenado (A) y carbono fijado (B) en seis clases diametricas.	18
Figura 10. Riqueza de especies (A) y número de individuos (B) por fincas en el municipio Paiwas, RACCS, 2020.	20
Figura 11. Comportamiento de la distribución diamétrica del arbolado disperso en potrero en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.	21
Figura 12. Distribución del área basal (m ² /ha), por categoría diamétrica del arbolado disperso en potrero en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS, 2020.	21
Figura 13. Biomasa producida por clases diamétricas en siete fincas del municipio de Páiwás, RACCS, 2020	23
Figura 14. Distribución del carbono almacenado (A) y carbono fijado (B) en cinco clases diamétrica.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especies encontradas en el componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo en el municipio de Páiwás RACCS 2020.	31
Anexo 2. Biomasa, carbono almacenado y dióxido de carbono por finca en el municipio de Paiwas.	34
Anexo 3. Consolidado de resultados de las Clases diamétrica para Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, en el sistema bosques del municipio de Paiwas 2020.	34
Anexo 4. Distribución por clases diamétrica en el componente arbóreo del municipio de Paiwas para la determinación de Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, 2020.	35
Anexo 5. Especies representativas según importancia ecológica del componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo.	36
Anexo 6. Especies encontradas en el arbolado disperso en potrero en el municipio de paiwas 2020. .	36
Anexo 7. Especies representativas según Índice de Valor de importancia IVI del sistema de arbolado disperso en potrero.	37
Anexo 8. Biomasa, carbono almacenado y dióxido de carbono por finca en el municipio de Paiwas 2020.	37
Anexo 9. Distribución por clases diamétricas en el sistema de arbolado disperso para la determinación de Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, del municipio de Paiwas.	38
Anexo 10. Consolidado de resultados de la distribución por clases diamétrica para biomasa forestal, carbono almacenado y dióxido de carbono, en el arbolado disperso del municipio de Paiwas.	38
Anexo 11. Registro de datos las PMP del arbolado ≥ 10 cm de DAP.	39
Anexo 12. Registro de datos en las sub parcelas de 10*10m dentro de las PMP del arbolado de 5 a 9.99 cm de DAP.	39
Anexo 13. Registro de datos las fajas de muestreo en el sistema silvopastoril para el arbolado ≥ 10 cm de DAP.	40
Anexo 14. Fotografía tomada durante la etapa de campo.	41
Anexo 15. Glosario de términos.	41

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en siete fincas localizadas en el municipio de Páiwás Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) con el propósito de cuantificar el carbono fijado y almacenado en la biomasa forestal encontrada en el bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potrero en las fincas seleccionadas por CONAGAN (comisión de ganaderos de Nicaragua) Empleando métodos no destructivos, se identificó las especies más representativas en los sitios, así mismo se calculó la biomasa forestal, carbono fijado y almacenado. Se empleó un diseño de inventario en parcelas de muestreo permanentes (PMP); en el bosque se realizaron parcelas de 50 x 50 m estableciendo 1 parcelas en cada una de las fincas. En arbolado disperso en potrero se establecieron parcelas de 10 x 25 m colocando 13 parcelas 2 dos por fincas para un total de 20 parcelas. Las variables a recolectar en cada sistema evaluado fueron la especie, diámetro normal y altura total de cada uno de los individuos encontrados. En los resultados obtenidos de esta investigación; se encontró que en el bosque latifoliado húmedo la existencia de una riqueza de especies, contabilizando 324 individuos, perteneciente a 46 especies, 24 familias. En arbolado disperso en potrero se obtuvieron 53 individuos, 12 especies, 10 familias. Para la bioma aéreo en el bosque latifoliado húmedo la finca San Felipe se calculó un total de 101.01 t/ha, lo que corresponde a 50.50 t C/ha y 185.35 36.34 t /ha de CO₂, mientras que para la finca San Antonio la biomasa forestal es de 86.40 t/ha, 43.20 ton/ha de carbono almacenado y de 158.54 t/ha de Co₂. En el arbolado disperso en potrero el total de biomasa forestal que se determinó es de 277.2 t/ha, carbono almacenado de 138.4 t/ha. y carbono fijado de 508.6 t/ha

Palabras claves: Dióxido de carbono, carbono almacenado, biomasa forestal, servicio ambiental.

ABSTRACT

This research was carried out in seven farms located in the municipality of Páiwás, Autonomous Region of the South Caribbean Coast (RACCS) with the purpose of quantifying the carbon fixed and stored in the forest biomass found in the humid broadleaf forest and scattered trees in paddock in the farms selected by CONAGAN (Nicaraguan cattle ranchers commission) Using non-destructive methods, the most representative species were identified in the sites, likewise the forest biomass, fixed and stored carbon were calculated. An inventory design was used in permanent sampling plots (PMP); 50 x 50 m plots were made in the forest, establishing 1 plots in each of the farms. In scattered trees in paddock, 10 x 25 m plots were established, placing 13 plots 2 two per farms for a total of 20 plots. The variables to collect in each evaluated site were the species, normal diameter and total height of each of the individuals found. In the results obtained from this research; It was found that in the humid broadleaf forest the existence of a richness of species, counting 324 individuals, belonging to 46 species, 24 families. In scattered trees in pasture, 53 individuals, 12 species, 10 families were obtained. For the aerial biome in the humid broadleaf forest the San Felipe farm a total of 101.01 t / ha was calculated, which corresponds to 50.50 t C / ha and 185.35 36.34 t / ha of C02, while for the San Antonio farm the biomass forest is 86.40 t / ha, 43.20 ton / ha of carbon stored and 158.54 t / ha of Co2. In the scattered trees in pasture, the total forest biomass that was determined is 277.2 t / ha, carbon stored 138.4 t / ha. and fixed carbon of 508.6 t / ha.

Keywords: Carbon dioxide, stored carbon, forest biomass, environmental service.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se entiende como cambio climático, un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas. (Benavides y León, 2007). Según los autores anteriormente citados, una de las principales actividades que ha causado el aumento de dióxido de carbono a nivel mundial es la deforestación general mundial y el aumento de las industrias en los países desarrollados.

Los ecosistemas forestales y sistemas agroforestales por su parte, actúan como sumideros de CO₂ debido a que almacenan carbono en forma de biomasa y para realizar el proceso de fotosíntesis. Sin embargo, en países como Nicaragua, aunque se tienen datos generales de almacenamiento de carbono (INAFOR,2008) no se conoce con exactitud la capacidad actual, que los ecosistemas forestales y sistemas agroforestales tienen para actuar como sumideros de carbono a diferentes escalas.

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Paiwas RACCS dentro del marco del proyecto CONAGAN (Comisión Nacional Ganadera de Nicaragua) – UNA (Universidad Nacional Agraria), y tiene el propósito de determinar la biomasa aérea, el carbono fijado y almacenado en dos ecosistemas en siete fincas del municipio de Páiwás. Con ello se pretende aportar información referente a la capacidad fijación y almacenamiento de carbono que tiene los ecosistemas bosque y fuera del bosque de manera general y en específico para el área de estudio.

Son pocos los estudios realizados para analizar el potencial fijador de carbono en la biomasa de los bosques secundarios en Nicaragua, y aún en menor cantidad, en la región tropical húmeda de este país. La presente investigación pretende aportar información sobre la capacidad de los bosques secundarios para fijar carbono en su biomasa aérea en la región tropical húmeda de Nicaragua.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Genera línea base sobre el contenido de biomasa aérea, carbono fijado y almacenado del componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potreros en siete fincas del municipio de Paiwas-RACCS que contribuyan a la toma de decisiones sobre su manejo forestal.

Objetivos Específicos

1. Determinar la relación entre la composición florística, la estructura y el valor de importancia de las especies en bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potrero.
2. Estimar la biomasa aérea, carbono fijado y almacenado, presente en el componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potrero.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en el municipio Paiwas el cual pertenece a la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, en la República de Nicaragua. Este se ubica geográficamente entre las coordenadas: 12° 48' 9" N y 85° 7' 22" W o bien UTMX: 702617 y UTM Y: 1415750 (PRODERBO, 1998).

La Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (abreviada RACCS y que antes se conocía como Región Autónoma del Atlántico Sur, RAAS) es una de las dos regiones autónomas de Nicaragua. Su sede administrativa es la ciudad de Bluefields. Tiene una extensión aproximada de 27.260 km² y una población de 306.510 habitantes. Una superficie total del municipio de 2375 km² (PRODERBO, 1998).

El territorio municipal limita al norte con el municipio de Mulukukú, al sur con el municipio de El Ayote, al este con los municipios de La Cruz del Río Grande y El Tortugero, y al oeste con los municipios de Matiguás, Río Blanco y Camoapa. La cabecera municipal Bocana de Páiwás está a 227 km de la ciudad de Managua (PRODERBO, 1998).

3.2. Descripción biofísica

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 a 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 Mocho y las mayores del 50% en el sector este y oeste de Cerro Copalar. Sus puntos más altos son el Cerro Ubú (549 m) y Las Minitas (PRODERBO, 1998).

3.2.2. Hidrografía

Paiwas se encuentra prácticamente bordeado por ríos, al noreste por el Río Tuma, al sureste por el Río Kurinwás, al oeste por el Río Páiwás. 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 Kurinwás. De menor importancia son los Ríos La Bodega, La Paila, Wilikón, y Páiwás. Además, existen una serie de riachuelos, ojos de agua y quebradas intermitentes (PRODERBO, 1998).

3.2.3. 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.

Predomina la vegetación propia del sub - trópico húmedo, con grandes extensiones de bosques latifoliados. Entre las especies forestales más representativas del municipio se encuentran: Madroño, areno, Ojoche, Bimbayán, Cuscano, Guaba, Fosforito, Guácimo, Guayabo, Cuacamayo, Guayaba, Cola de pava, Cedro macho, Palo de agua, Laurel, Cortéz, Comenegro, Nispero, Guapinol, Cedro real, Caoba, Granadillo, Nancitón, Mora, Manga larga, Genízaro, Gavilán (PRODERBO, 1998).

3.2.4. Suelos

Está compuesto por suelos que tienen un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media, con un contenido variable de aluminio, se han desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales. El territorio municipal se caracteriza por presentar terrenos bajos y de sabana apropiados para la agricultura (Navarro, 2012).

El municipio de PAIWAS está considerado dentro de la frontera agrícola, definido como el límite entre el bosque primario y las áreas humanizadas, o sea, bajo explotación agropecuaria. La presión sobre el bosque húmedo tropical es generalmente ejecutada por sectores campesinos, ya sea en colonización espontánea o colonización dirigida.

La ausencia de alternativas de desarrollo para superar las condiciones de marginalidad y pobreza, los problemas de escasez y distribución de tierras en los municipios de origen, la existencia de un mercado de tierras oxigenado por propietarios ávidos de expandir su patrimonio y establecer actividades ganaderas de tipo extensivo en el trópico húmedo, etc., impulsan a contingentes de campesinos pobres a ubicarse en la frontera agrícola, donde el primero coloniza la frontera agrícola y valoriza la tierra que después es ocupada para la ganadería.

3.3. Proceso metodológico

Se evaluaron dos sistemas, bosque natural húmedo y arbolado disperso en potrero, con el objetivo de cuantificar la biomasa aérea, carbono almacenado y fijado utilizando el método no destructivo (Sánchez & irías,2018) en siete fincas seleccionadas en el municipio de Paiwas, RACCS. En este estudio se plantearon 2 objetivos específicos estableciendo tres etapas metodológicas: a) primera etapa, consistió en la planificación del estudio, la selección de las fincas y diseño del inventario, b) segunda etapa, consistió en la ejecución del inventario de árboles, el establecimiento de las parcela, medición y registro de datos y c) tercera etapa, consistió en el análisis de los datos en gabinete, ordenamiento de la base de datos y redacción de documento. En la figura 1 se describen cada una de las etapas.

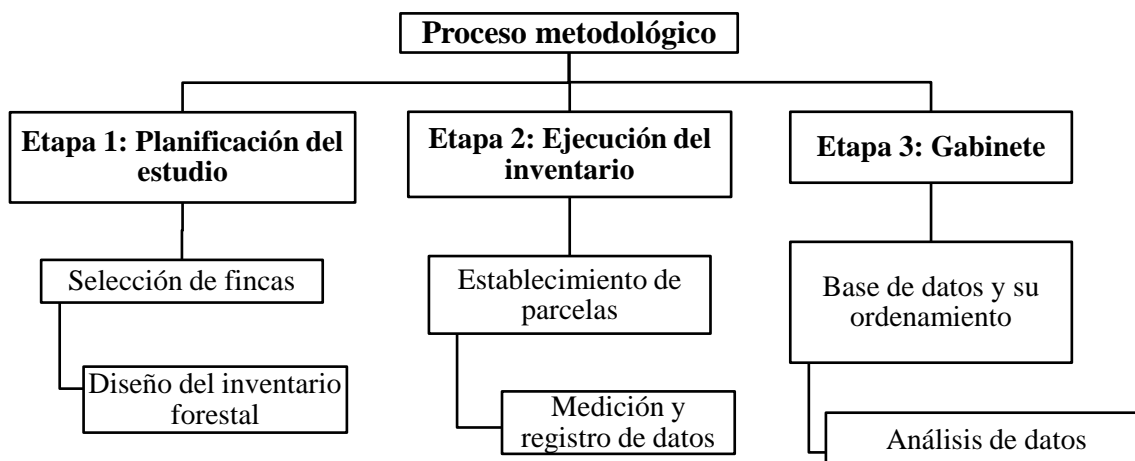


Figura 1. Proceso metodológico para la realización del estudio en el municipio de Páiwás, RACCS, 2020.

3.3.1. Primer Etapa (pre-campo)

Para la realización del estudio se procedió a la selección de siete fincas dentro del municipio de Paiwas y luego se diseñó el inventario forestal, tanto en bosque como áreas con arbolado disperso (Figura 2).

Selección de fincas

La selección de las fincas la llevó a cabo la Comisión Nacional Ganadera de Nicaragua (CONAGAN), tomando como criterio que en las fincas existieran superficies de terrenos cubiertos de bosque natural y arbolado dispersos dentro de áreas con pasto para el ganado vacuno. Como resultado de este proceso se seleccionaron siete fincas que cumplían con los criterios antes descritos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fincas seleccionadas en el municipio de Paiwas.

Comunidad	Nombre de la Finca	Nombre del Propietario	Coordenadas	
			UTM X	UTM Y
El Venado	San Antonio	Denis Lambí Díaz	704540	1430001
San Pedro	La Esperanza	Norlan Alanís Lunas	714377	1427046
El Toro	San Felipe	Isabel Alanís Benavidez	695750	1432036
Wilike	La Fortuna	José Andrés Jarquín	705599	1432389
El Venado	El Milagro	William Urbina	700829	1430396
La Pedrera	El Malinche	Emigdio Giménez Bravo	698526	1432153
David Tejada	Las Mercedes	Alba Lucia Moran Oporta	698046	1422314

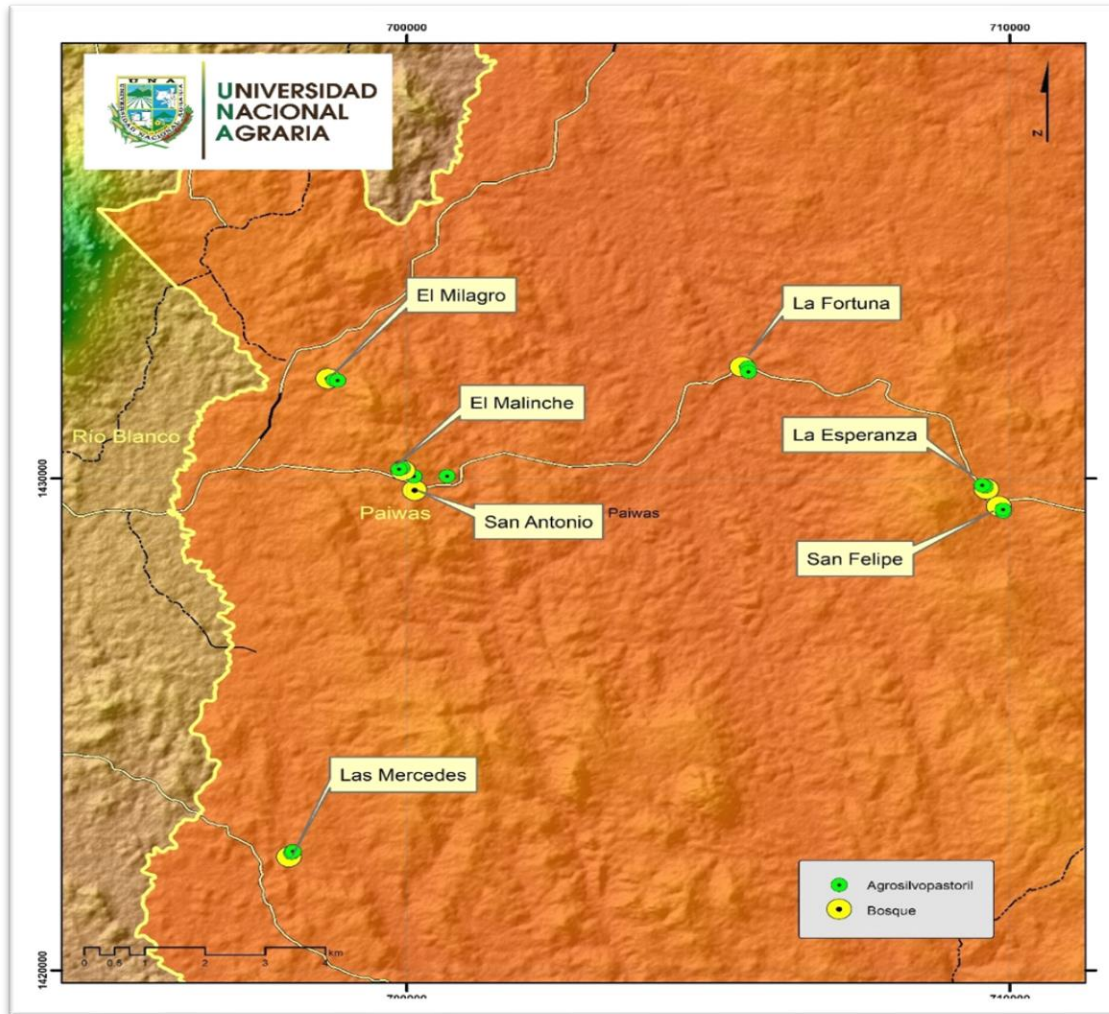


Figura 2. Ubicación de las fincas en el municipio de Páiwias.

Diseño de Inventario forestal

Para áreas de bosque latifoliado húmedo se establecieron en cada finca una parcela de muestreo permanente (PMP) de forma cuadrada, con dimensiones de 50 m de ancho por 50 m largo (0.25 ha). En la Figura 3, se muestra el diseño de parcela utilizado.

Para delimitar esta parcela, se eligió un punto de referencia dentro del bosque denominado Punto “A”. Luego a partir de este, utilizando brújula de espejo, se definió un azimut en dirección norte franco (0°) y se midió una distancia horizontal de 50m (la cual fue constante en cada lado de la parcela) hacia un punto “B”, utilizando cinta métrica.

Luego se realizó un giro hacia la izquierda (90°), hacia un punto “C”, en dirección oeste franco (azimut 270°). Posteriormente, se realizó otro giro siempre a la izquierda de 90° , hacia un punto

(D), con dirección sur franco (azimut 180°) y finalmente se giró a la izquierda 90° , hacia el punto (A) con dirección este franco (azimut 90°), cerrando con esto la parcela.

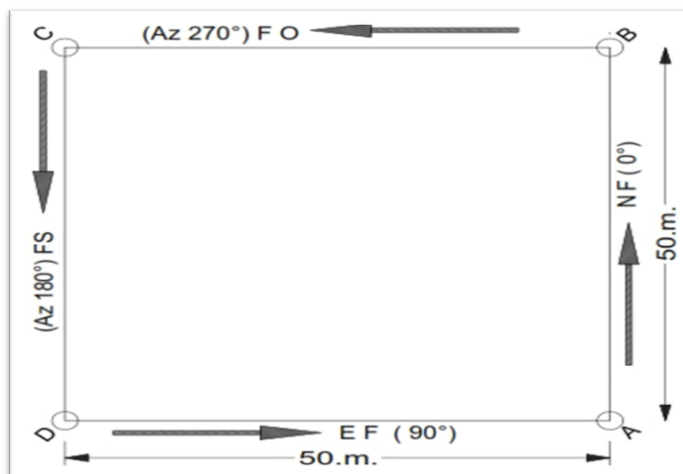


Figura 3. Diseño de la parcela de 50 m x 50 m en el área de bosque latifoliado húmedo.

Para áreas de arbolado disperso en potreros se establecieron dos parcelas por cada una de las fincas de forma rectangular con dimensiones de 10 m x 25 m, a una distancia de 200 m entre parcelas para un total de 13 parcelas (en una de las fincas no se encontró arbolado disperso). En la Figura 4, se puede observar el diseño de parcela utilizado para arbolado disperso en potreros.

A partir de un punto de inicio (punto A), con la brújula se orientó la dirección de norte franco (NF) (azimut 0°) tomando una distancia de 10 metros hacia un punto (B); seguidamente se giró a la izquierda 90° con dirección oeste franco (azimut 270°) y se midió la distancia de 25 m hasta el punto (C) correspondiente; con un giro de 90° hacia la izquierda hacia una dirección sur franco (azimut 180°), midiendo una distancia de 10 m hacia el punto (D), luego se giró hacia la izquierda 90° el punto (A), girando otros 90° (este franco con azimut 90°) para cerrar la parcela.

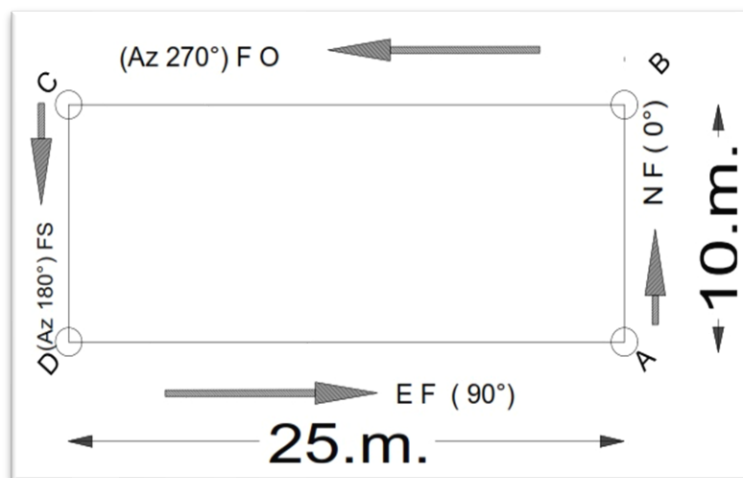


Figura 4. Diseño de la parcela de 10 m x 25 m utilizada en el arbolado disperso.

3.3.2. Segunda Etapa (campo)

Establecimiento de parcelas

En el área de bosque se establecieron 7 parcela una por cada finca, se contó con el criterio de que el área se encontrara cubierta de masa forestal fuese rala o densa y en el caso de los árboles disperso en potrero se establecieron 13 parcelas en total.

La medición de las variables dasométricas y recolección de datos se efectuó con un equipo de trabajo de cuatro personas, 2 personas se encargaron de la delimitación de las parcelas, uno manejo la brújula y otro la cinta métrica y también se encargaron de la colocación de estacas. Otra persona se encargó de anotar los valores medidos como: diámetro normal medido a altura de 1.30 m desde la superficie del suelo utilizando cinta diamétrica (cm), la altura total (m) desde la superficie del suelo hasta el ápice del árbol y altura del fuste (m) desde la superficie del suelo hasta la primera rama.

En cuanto a la medición y registro de datos tanto en bosque latifoliado húmedo como árboles dispersos en potrero, se recolectaron las mismas variables. En el cuadro 2, se presenta la descripción de las variables medidas.

Cuadro 2. Descripción de las variables a mediar en las parcelas permanentes de muestreo.

Variable	Descripción
Nombre común	Para la identificación de los nombres comunes de las especies encontradas en las fincas se necesitó de una persona con conocimientos propios del área y que conociera las especies presentes en el bosque, posteriormente se identificaron con nombre científico utilizando la lista del inventario nacional forestal (INAFOR 2009), Árboles de Nicaragua (Salas, 1993), Árboles y arbustos ornamentales nativos y exóticos (Grijalva y Quezada, 2017), Árboles y arbustos predominantes de Nicaragua (Meyrat, 2013).
Diámetro normal	Esta variable fue medida utilizando una cinta diamétrica en centímetros a la altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo (Villareal, et al, 2004). El diámetro normal o altura al pecho es de gran importancia para el cálculo del área basal y el volumen de los árboles y por lo tanto para la estimación de la biomasa, carbono fijado y almacenado.
Altura total	Altura de cada árbol desde su base sobre la superficie del suelo hasta su ápice (Melo y Vargas 2003)

3.3.3 Tercera Etapa (post - campo)

Los datos registrados del inventario forestal fueron almacenados en una base de datos utilizando la hoja de cálculo de Microsoft Excel, por su fácil manejo y confiabilidad en el manejo y

realización de cálculos. Se ingresaron las fórmulas correspondientes para cada variable para obtener el volumen total de los árboles (m^3), la biomasa aérea (t/ha), carbono almacenado (C)

y carbono fijado (CO_2) también en toneladas por hectárea (t/ha). Para el análisis de los datos se utilizaron las siguientes formulas:

a) Número de árboles/ha

Para el caso del número de árboles/ha se utilizó la sumatoria del número de árboles en cada parcela y luego se aplicó la siguiente fórmula (Louman *et al.* 2001).

$$Nar/ha = 1/Tp * Np * \Sigma Nar$$

Donde:

Nar/ha: Número de árboles hectárea

Tp: Tamaño de parcela

Np: Numero de parcela

Σ arb: Sumatoria del número de arboles

b) Distribución diamétrica

Determinación del número de clases diamétricas (N° CD):

$$N^{\circ} CD = (DM - Dm) / AC$$

Donde:

N° CD: Número de clases diamétrica

DM: Diámetro mayor de la base de datos

Dm: Diámetro menor de la base de datos

AC: Amplitud de clase según los intervalos de tamaño adecuado. La amplitud de clases establecida para este caso es de 10 cm (10 – 19.99 cm).

c) Área basal

El área basal se calcula a manera de un círculo de diámetro igual al DAP del árbol. Según CATIE (2014), se puede determinar de la siguiente manera:

$$AB = \pi/4 * D^2$$

Dónde:

AB: Es el área basal expresada en metros cuadrados (m^2)

$\pi/4$: constante 0.7854

D: Diámetro normal medido a los 1.30 m expresado en centímetros.

d) Volumen (V)

Para calcular el de Volumen (m^3), según (Ugalde, 1981), se puede determinar de la siguiente manera:

$$\mathbf{Vol = AB * Ht * Ff}$$

Donde:

Vol: volumen (m^3)

AB: área basal calculada en m^2

Ht: Altura total en (m)

Ff: Factor de forma 0.5 para especies de bosque latifoliados (Tercero, M & Urrutia, G; 1994).

e) Biomasa aérea

Es la masa total de los componentes de un árbol incluyendo las ramas y hojas, toda la parte aérea del árbol (Zamora y Quiroz, 2000). Para la determinación de la biomasa, se debe considerar el volumen del árbol, la densidad específica de la madera y el factor de expansión de la biomasa aérea.

$$\mathbf{Bf = V * GE * FEBa}$$

Donde:

Bf: Biomasa forestal en toneladas (t)

V: Volumen total calculado en m^3

GE: Densidad de la madera 0.5 g/cm^3 según (Brown, 1997).

FEBa: Factor de expansión de la biomasa aérea (ramas, hojas) es de 1.20, según, FAO (1998).

Para determinar la biomasa aérea del componente arbóreo se utilizó la ecuación propuesta por (Brown, 1997), esta estimación se obtuvo de la multiplicación del volumen total (m^3), por la densidad de la madera (en kg/m^3), y por el factor de expansión de biomasa aérea propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1998), siendo este valor de 1.20.

f) Carbono almacenado

Para determinar el carbono almacenado se debe considerar la conversión del volumen del árbol en biomasa y el factor de carbono (F_c) que según IPCC es de 0.5. (Según Segura, M. & Kanninen, M. 1999).

$$\mathbf{C = Bf * Fc}$$

Donde:

C= Carbono almacenado en toneladas

Bf=Biomasa forestal en toneladas

Fc=Factor de carbono (0.5) establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2001).

g) Carbono fijado (CO₂)

La captura del carbono se realiza únicamente durante el desarrollo de los árboles, en este proceso absorben dióxido de carbono (CO₂) que se realiza en la fotosíntesis para convertirlos en la composición de materias primas como la glucosa, formar las estructuras de la planta, estimándose aproximadamente que una tonelada de CO₂ atmosférico, equivale a 0.2 t de carbono en la biomasa (Cabudivo, 2017).

El dióxido de carbono (CO₂) según (Rügnitz, et al 2009), se puede determinar con la siguiente formula:

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

Donde:

CO₂: Carbono fijado (t)

C: Carbono almacenado calculado en (t)

Constante= 3.67 (Peso atómico del CO₂)

Relación de Carbono – Dióxido de carbono, considerando el peso molecular del CO₂:

C= 12 (peso atómico)

O= 16 (peso atómico)

Ecuación química

CO₂= C+ 2*O (Walker, Baccini, Nepstad, Horning, Knight, Braun y Bausch, 2011)

CO₂= 12+ 2 (16) = 44 (peso molecular)

R= CO₂/C (Relación de peso, CO₂ respecto al carbono)

R=44/12 (Walker, et al, 2011)

R= 3.67 (para obtener una unidad de carbono se requieren 3.67 unidades de CO₂).

h) Índice de valor de importancia (IVI)

Se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVI similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica. (Según Ruiz & Herrera, 2012).

Abundancia

Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema).

Abundancia Absoluta (Aba): Número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio.

Abundancia Relativa (Ab%)

$$Ab\% = (n_i/N) \times 100$$

Donde:

n_i = Número de individuos de la misma especie

N = Número de individuos totales en la muestra.

Frecuencia: permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje (100%=existencia de la especie en todas las parcelas), la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

Frecuencia Absoluta (Fra): Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie, 100%=existencia de la especie en todas las parcelas.

$$Fra. = (F_i/F_t) \times 100$$

Frecuencia Relativa (Fr%)

$$Fr\% = (Fr_{Ani} / Fr_{at}) \times 100$$

Donde:

F_i = Frecuencia Absoluta de la n -ésima especie.

F_t = Total de las frecuencias en el muestreo.

Dominancia: Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo.

La dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

Dominancia Absoluta (D_a)

$$D_a = G_i/G_t$$

Donde:

G_i = Área Basal en m^2 para i -ésima especie

G_t = Área basal en m^2 de todas las especies

Dominancia Relativa ($D\%$)

$$D\% = (D_aS/D_aT) \times 100$$

Donde:

D_aS = Dominancia absoluta de una especie

D_aT = Dominancia absoluta de todas las especies.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

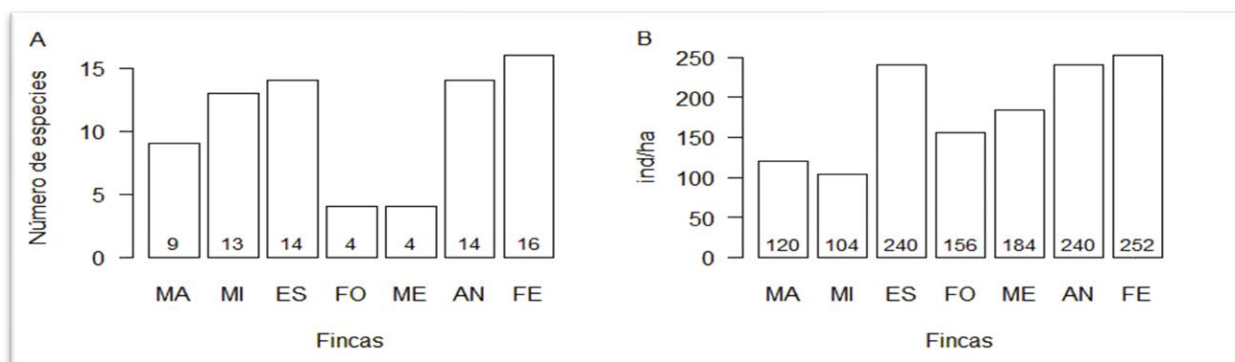
4.1 Análisis de la información del bosque latifoliado húmedo

4.1.1 Composición florística y estructura

La comunidad arbórea muestreada en las siete fincas del municipio de Paiwas estuvo representada por 324 árboles, agrupados en 46 especies y 24 familias botánicas. Las familias más representadas según el número de individuos fueron *Mimosaceae* (7 especies), *Fabaceae* (6) y *Moraceae* (3). El resto de las familias fueron encontradas con menos de tres especies (Anexo 1).

4.1.2 Riqueza de especie e individuos por hectáreas

La mayor riqueza de especies arbóreas fue encontrada en la finca San Felipe (16 especies), seguido por finca La Esperanza (14), San Antonio (14) y El Milagro (13), en las fincas restantes se registraron menos de 9 especies (Figura 5A). En términos de número de individuos la mayor cantidad de árboles por hectárea se determinaron en las fincas San Felipe (252 ind/ha), seguido de la finca San Antonio y La Esperanza con (240 ind/ha). El resto de las fincas tuvieron menos de 184 ind/ha (Figura 5B).



MA: El Malinche; MI: El Milagro; ES: La Esperanza; FO: La Fortuna; ME: Las Mercedes; AN: San Antonio y FE: San Felipe.

Figura 5. Riqueza de especies (A) y Número de individuos (B) por fincas en el municipio Paiwas, RACCS, 2020.

4.1.3 Estructura del bosque latifoliado húmedo

El diámetro normal y altura total de los árboles son variables que inciden directamente en la producción de biomasa y, por lo tanto, en la fijación y almacenamiento de carbono. Los mayores promedios del diámetro normal se encontraron en la finca El Malinche con valores de 31.24 cm, seguido por la finca El Milagro con 26.47 cm y finca San Antonio con 25.75 cm, el resto fincas presentan diámetros menores de 25 cm.

En cuanto a la altura total, los mayores promedios se determinaron en la finca La Esperanza con 18.23 m, seguido por finca San Felipe con 17.25 m y finca San Antonio con 15.85 m (Cuadro 3). Estos promedios inciden en la mayor producción de biomasa y en la mayor cantidad de carbono fijado y almacenado en el sistema bosque.

Cuadro 3. Distribución Promedio del Diámetro (DAP) y Altura promedio (AT) en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

Fincas	DAP (cm)	AT (m)
El Malinche	31.24	14.28
El Milagro	26.47	11.87
La Esperanza	23.7	18.23
La Fortuna	15.88	5.28
Las Mercede	15.61	9.54
San Antonio	25.75	15.85
San Felipe	24.61	17.25
Total	163.26	92.3

4.1.4 Distribución por clases diamétricas

En Figura 6, se observa la distribución del número de individuos por hectárea por clase diamétrica. Existe una mayor acumulación de individuos por hectárea en las tres primeras categorías diamétrica menores, especialmente en la categoría de 10 – 19.99 cm, seguido de las categorías 20 – 29.99 cm y 30 – 39.99 cm.

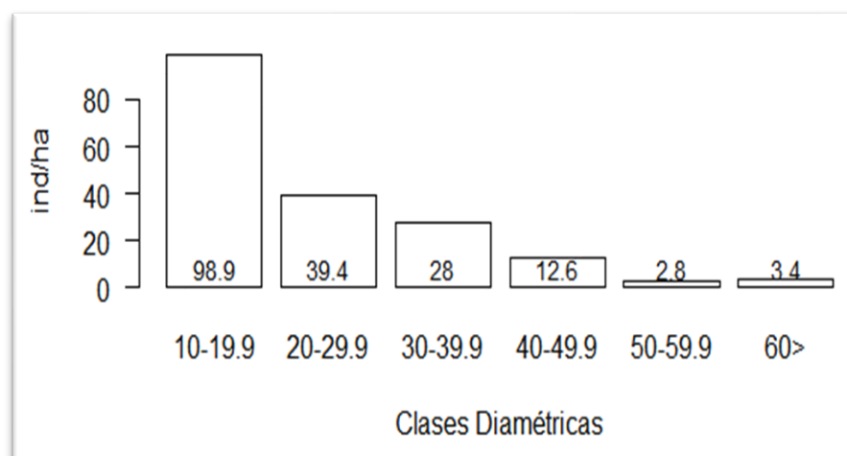


Figura 6. Comportamiento de la distribución diamétrica por número de individuos encontrados en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

4.1.5 Área Basal

En cuanto a área basal se determinó un valor promedio de 9.98 m²/ha en las siete fincas evaluadas. En la Figura 7, se muestra la distribución del área basal /ha por categoría diamétrica.

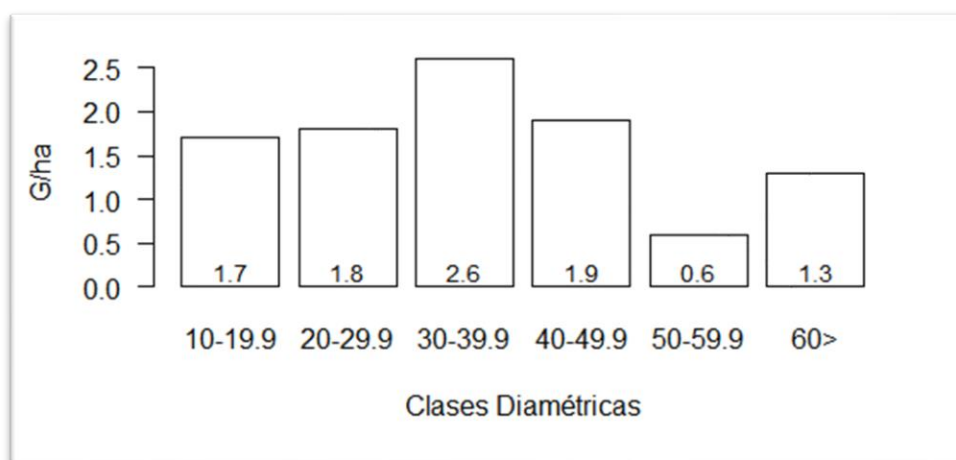


Figura 7. Distribución del área basal (m²/ha) por clases diamétrica del bosque latifoliado húmedo en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

Se puede observar que en la categoría de 30-39.9 se encontró la mayor distribución de área basal con 2.62 m²/ha, seguida de la categoría de 40- 49.9 cm, con 1.92 m² y posteriormente la categoría de 20- 29.9 cm con 1.84 m²/ha . El resto de clases están por debajo de los 1.65 m²/ha.

4.1.6 Variables dasométrica por finca

El área basal la finca San Felipe y San Antonio presenta los mayores valores con 16.38 m²/ ha y 15.40 m²/ha respectivamente. Con respecto al volumen, la finca San Felipe presenta los mayores valores con 168.35m³/ha, seguido por la finca la Esperanza con 133.91 m³/ha (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de árboles totales, área basal total, volumen total, número de árboles/ha, área basal/ha, volumen/ha y biomasa aérea en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

Nombre de la finca	N arb total	G total m ²	V total m ³	N arb/ha	G m ² /ha	Vol m ³ /ha
El Milagro	26	1.8159	14.165	104	7.26	56.66
Las Mercedes	46	1.0507	4.856	184	4.2	19.42
La Fortuna	39	0.8115	2.249	156	3.25	9.00
El Malinche	30	2.6229	20.526	120	10.49	82.10
San Felipe	63	4.0946	42.087	252	16.38	168.35
San Antonio	60	3.8525	35.998	240	15.40	143.99
La Esperanza	60	3.2259	33.478	240	12.90	133.92

Total	324	17.4740	153.359	1296	69.89	475.2759
--------------	-----	---------	---------	------	-------	----------

4.1.7. Cuantificación de biomasa aérea del bosque

La biomasa aérea representa los mayores valores en tres de las siete fincas, siendo estas fincas: San Felipe con 101.01 t/ha, San Antonio 86.40 t/ha y La Esperanza 80.35 t/ha, el resto de las fincas con menos de 49.26 t/ha (Cuadro 6).

La biomasa aérea por hectárea encontrados para el bosque latifoliado húmedo en este estudio fue de 368.07 t/ha (resultado de sumar todas las fincas). Al hacer comparación de estos valores encontrados y los resultados reportados en el estudio realizado por Silva (2019) de 110.83 t/ha, se destaca que la biomasa aérea es superior.

Se hizo una relación de biomasa aérea por distribución de clases diamétrica, donde se encontró que el mayor valor fue determinado en la clase 30 – 39.99 cm (16.0 t/ha), seguido de la clase 40 – 49.99 cm (10.1 t/ha) y por último 20 – 29.99 cm (9.3 t/ha). En el resto de las clases se determinaron menos de 9 t/ha. Es interesante este resultado porque se observa que los mayores depósitos de biomasa se dan en las clases diamétrica consideradas para el aprovechamiento de especies comerciales que corresponden a árboles en etapa de desarrollo o juvenil (Figura 8).

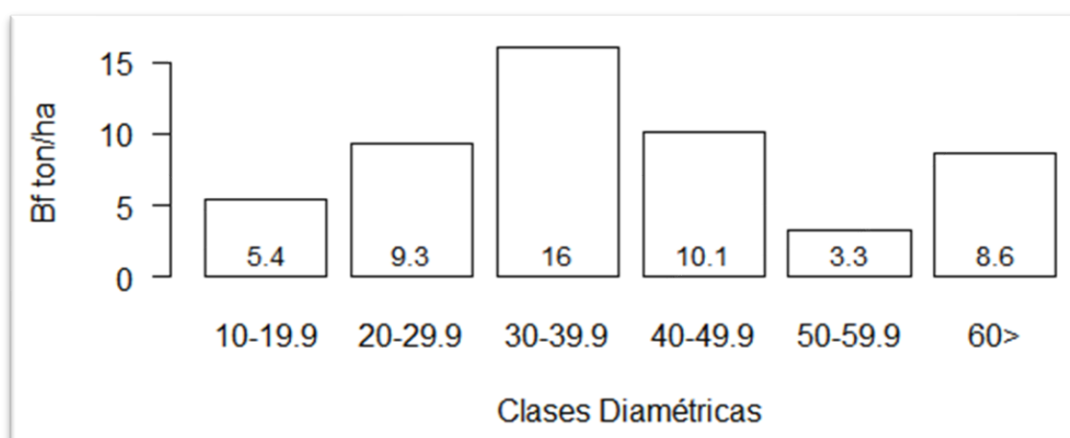


Figura 8. Biomasa aérea producida por clases diamétricas en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

4.1.8. Carbono almacenado y fijado en bosque

El total de carbono (C) almacenados en el bosque latifoliado húmedo fue de 184.03 t/ha y el total de dióxido de carbono (CO₂) fijado fue de 675.40 t/ha (resultado de sumar todas las fincas), concentradas en tres categorías diamétricas entre 10 y 30 cm.

Se hizo una comparación de los valores de carbono almacenado (C) obtenidos en las siete fincas para bosques latifoliados húmedos con un estudio realizado por Silva (2019), donde se encontró que el almacenamiento de carbono en este trabajo es mayor en comparación a los reportados

(un total de 55.42 t/ha). De manera similar, sucedió con el CO₂ fijado, se obtuvo mayor fijación en este trabajo en comparación a los reportados (un total de 203.44 t/ha).

La biomasa aérea por hectárea encontrados para el bosque latifoliado húmedo en este estudio fue de 368.07 t/ha (resultado de sumar todas las fincas). Al hacer comparación de estos valores encontrados y los resultados reportados en el estudio realizado por Silva (2019) de 110.83 t/ha, se destaca que la biomasa aérea es superior.

Las fincas con mayores cantidades de C y CO₂ fueron las fincas San Felipe (con 50.50 y 185.35 t/ha respectivamente), San Antonio (con 43.20 y 158.54 t/ha respectivamente) y La Esperanza (con 40.17 y 147.44 t/ha respectivamente), en relación con las variables de composición florística y dasométricas de igual manera la finca San Felipe Y San Antonio son las que presentan mayor Volumen consiguiente los resultados de C y CO₂ estarán vinculados a los datos dasométricos específicamente al volumen los cuales definen C y CO₂. En el Cuadro 5, se observan los valores encontrados por cada una de las fincas en estudio.

Cuadro 5. Resumen de carbono (c) almacenado y dióxido de carbono (CO₂) fijado distribuido por finca.

Fincas	Bf (t/ha)	C (t/ha)	CO₂ (t/ha)
San Felipe	101.01	50.5	185.35
San Antonio	86.40	43.2	158.54
La Esperanza	80.35	40.17	147.44
El Malinche	49.26	24.63	90.4
El Milagro	34.00	17	62.38
Las Mercedes	11.65	5.83	21.39
La Fortuna	5.40	2.7	9.91
Total	368	184	675

En términos de distribución del carbono almacenado (C) y fijado (CO₂) con relación a las clases diamétricas, tanto los valores de C como de CO₂ fueron mayores en la categoría 30 – 39.9 cm con 56.1 y 205.8 t/ha respectivamente, seguidos de la categoría 40 – 49.9 cm con 35.3 y 129.5 t/ha respectivamente (Figura 9). Es interesante este resultado porque se observa que el almacén y fijación de carbono se presenta en las clases diamétricas consideradas para aprovechamiento de especies comerciales que corresponden a árboles en etapa de desarrollo o juvenil.

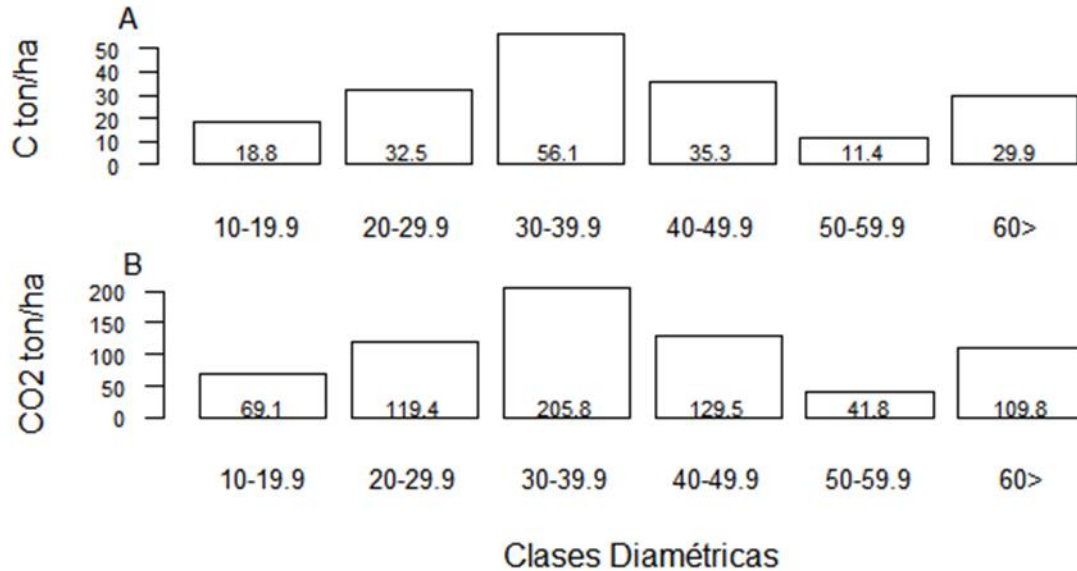


Figura 9. Distribución del carbono almacenado (A) y carbono fijado (B) en seis clases diamétricas.

4.1.9 Especies fijadoras de carbono de acuerdo a su importancia ecológica.

Las especies más importantes según el Índice de Valor de Importancia fueron: *Tabebuia rosea* (50.08), *Gmelina arborea* (33.57), *Psidium guajava* (23.19), *Cordia alliodora* (20.10), *Cupania cinerea* (16.40), y *Morinda panamensis* (15.28). *Vochysia guatemalensis* (14.31), *Persea coerulea* (11.58) y *Gliricidia sepium* (10.23). En cuanto al resto de las especies son menos importantes (<5.90). Mayor detalle puede verse en el Anexo 5.

El valor del IVI similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica (Ruiz & Herrera, 2012).

La especie de *Tabebuia rosea* fija menos carbono (69.77 t/ha) que otras de mediana importancia como son *Gmelina arborea* (123.32 t/ha), seguido por *Cordia alliodora*. A pesar que el mayor peso ecológico dentro del bosque lo tiene *Tabebuia rosea* no es considerada como la que fija mayor carbono. Se observa que las especies exóticas como la *Gmelina arborea* poseen mayor capacidad de fijación de carbono. Especies nativas como *Cordia alliodora* tienen también buena capacidad de fijación.

Dado lo anterior, se requiere darle un manejo forestal adecuado a estas especies de mayor fijación de carbono entre las que se pueden mencionar: manejo de la regeneración natural, corta de lianas y bejucos, raleos, control de incendios forestales y enriquecimiento que permita a corto plazo incentivos económicos por la captura de carbono y a largo plazo la producción sostenible de madera.

Cuadro 6. Especie fijadoras de Carbono de acuerdo a su importancia ecológica.

Especie	Nombre científico	C (t/ha)	CO ₂ (t/ha)
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	19.01	69.77
Melina	<i>Gmelina arbórea</i>	33.60	123.32
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	2.73	10.02
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	19.26	70.67
Cola de Pava	<i>Cupania cinérea</i>	11.31	41.50
Yema de huevo	<i>Morinda panamensis</i>	4.67	17.14
Palo de agua	<i>Vochysia guatemalensis</i>	9.11	33.44
Aguate de monte	<i>Persea coerulea</i>	5.42	19.92
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	3.89	14.27

4.2. Análisis de la información de arbolado disperso en potrero

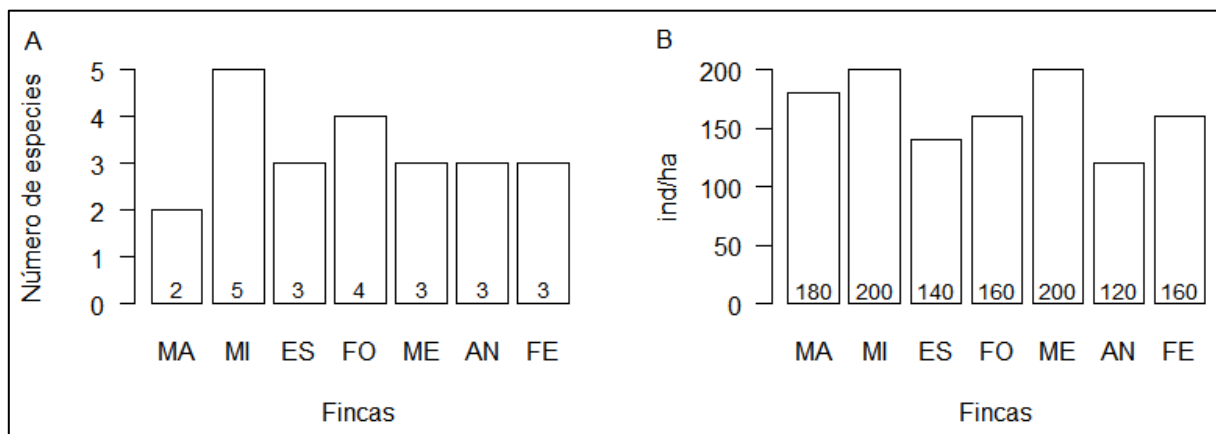
4.2.1. Composición florística y estructural

La comunidad arbórea muestreada del área de estudio del arbolado disperso en pastura estuvo representada por 53 árboles, agrupados en 12 especies, 12 géneros y 10 familias.

Las familias más representadas según el número de individuos fueron *Bignoniaceae* y *Mimosaceae* con 2 especie (Anexo 6).

4.2.2. Riqueza de especie e individuos por hectáreas

En las fincas El Milagro y La Fortuna se encontraron los mayores valores de especies en el resto de las fincas se observaron menos de 4 especies (Figura 10). De igual forma el mayor número de individuo se encontró en la finca El Milagro y Las Mercedes con (200 ind/ha), en las otras fincas se encontraron menos de 180 ind/ha.



MA: El Malinche; MI: El Milagro; ES: La Esperanza; FO: La Fortuna; ME: Las Mercedes; AN: San Antonio y FE: San Felipe

Figura 10. Riqueza de especies (A) y número de individuos (B) por fincas en el municipio Paiwas, RACCS, 2020.

4.2.3. Estructura de la vegetación

Los mayores promedios del diámetro normal se encontraron en las fincas El Milagro con 29.81cm, Las Mercedes con 23.86 cm y La Fortuna con 23.1 cm. Las mayores alturas totales promedio se encuentran en las fincas Las Mercedes (con 17.2 m), San Antonio (con 16.17 m) y La Fortuna (con 14.56 m). Estas alturas inciden en la mayor producción de biomasa y en la mayor cantidad de carbono fijado y almacenado en los arbolados dispersos en potreros (Cuadro 7).

Cuadro 7. Distribución del promedio del diámetro normal (DAP) y altura (A) en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS, 2020.

Finca	DAP (cm)	A (m)
El Milagro	29.81	11.4
Las Mercedes	23.86	17.2
La Fortuna	23.1	14.56
El Malinche	20.7	11.56
San Felipe	18.68	12.63
San Antonio	17.07	16.17
La Esperanza	13.96	13.86
Total	147.18	97.38

4.2.4. Distribución por categoría diamétrica

En la **Figura 11.** se muestran los resultados por clase diamétrica, encontrando que la clase diamétrica de 10 – 19.99 cm sobresale con mayores promedios (con 99 ind/ha), seguido por la clase de 30 – 39.99 cm (con 31 ind/ha).

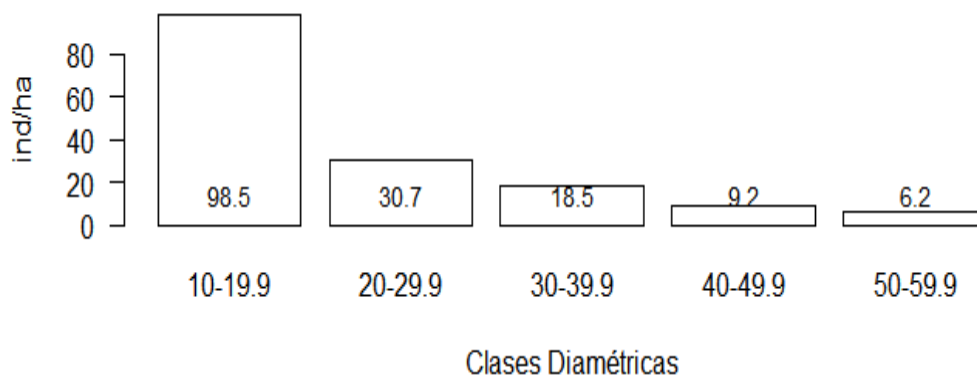


Figura 11. Comportamiento de la distribución diamétrica del arbolado disperso en potrero en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS.

Se observan que en los diámetros menores se acumulan la mayor cantidad de individuos, lo que quiere decir que ecológica y fisiológicamente a medida que aumenta el tamaño y edad de los árboles el número disminuye por tamaño de diámetro.

4.2.5. Área Basal

En cuanto al área basal se determinó un valor promedio fue de 7.4 m²/ha en las siete fincas evaluadas con arbolados dispersos en potreros. En la categoría de 10-19.99 cm se encontró la mayor distribución de área basal con 1.7 m²/ha, seguido por la categoría de 30-39.9 con 1.6 m²/ha y por último la categoría de 20- 29.99 cm con 1.4 m²/ha. El resto de las clases están por debajo de los 1.4 m². En la Figura 12, se muestra la distribución del área basal por hectárea y categoría diamétrica.

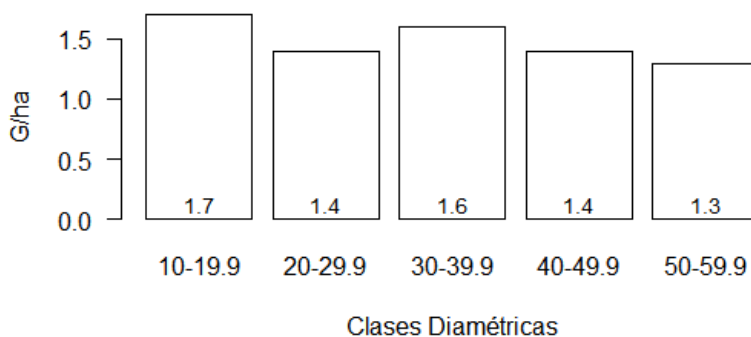


Figura 12. Distribución del área basal (m²/ha), por categoría diamétrica del arbolado disperso en potrero en siete fincas del municipio de Paiwas, RACCS, 2020.

4.2.6. Variables dasométricas por finca

En el Cuadro 7, se muestra que la finca El Milagro posee la mayor cantidad de individuos con un total de 10 y es la segunda finca en presentar mayor volumen por ha con 128.24 m³ y las fincas Las Mercedes presenta la menor cantidad de individuos con 5 pero presenta la mayor cantidad de volumen por ha con 159.16 m³ y la finca con menor volumen por ha es la finca san Antonio con 5.44 m³/ha. La finca con mayor área basal por hectárea es el Milagro y la que presenta menor área basal es la finca la Esperanza con 2.33 m²/ha.

Cuadro 8. Número de árboles totales, área basal total, volumen total, número de árboles/ha, Área basal/ha, volumen/ha y biomasa aérea en t/ha en siete fincas del municipio de Páiwás, RACCS, 2020.

Nombre de la finca	N tot	G tot m2	V tot m3	N/ha	G m2/ha	Vol m3/ha	Bf (t/ha)
El Milagro	10	0.85	6.41	200	17.07	128.34	77.01
Las Mercedes	5	0.32	3.97	200	13.13	159.16	95.6
La Fortuna	8	0.37	2.66	160	7.54	53.34	32.01
El Malinche	9	0.34	2.17	180	6.92	43.44	26.07
San Felipe	8	0.24	1.62	160	4.97	32.43	19.46
San Antonio	6	0.15	1.28	120	3.01	5.44	15.39
La Esperanza	7	0.11	0.97	140	2.33	19.52	11.72
Total	53	2.38	19.08	1160	54.97	441.67	449.87

4.2.7. Cuantificación de biomasa aérea en el arbolado disperso en potrero.

La mayor biomasa área se encontró en Las Mercedes (95.6 t/ha), El Milagro (77.01) y La Fortuna (32.01). Las especies con mayor biomasa fueron: Gmelina arborea (9.60 t/ha), Cordia alliodora (5.50), Tabebuia rosea (5.43), Cupania cinerea (3.23), Ficus ovalis (2.84), Vochysia guatemalensis (2.60) y Ficus insipida (2.17), el resto de las especies tuvieron menos de 26 t/ha (Cuadro 7).

Los mayores valores de biomasa aérea fueron determinados en la clase 50 – 59.99 cm (8.2 t/ha), seguido de 30 – 39.99 cm (7.8 t/ha). En el resto de las categorías se determinaron menos de 7.0 t/ha.

Al hacer comparación con el estudio realizado por (Sánchez e Irías 2019) en el municipio de Mulukukú, es notorio observar que mi estudio presenta un mayor valor de biomasa área que el reportado por Sánchez e Irías 2019.

Al hacer comparación con el estudio realizado por Sánchez e Irías 2019, es notorio que en este estudio presenta un mayor valor de biomasa área que el reportado por Sánchez e Irías 2019.

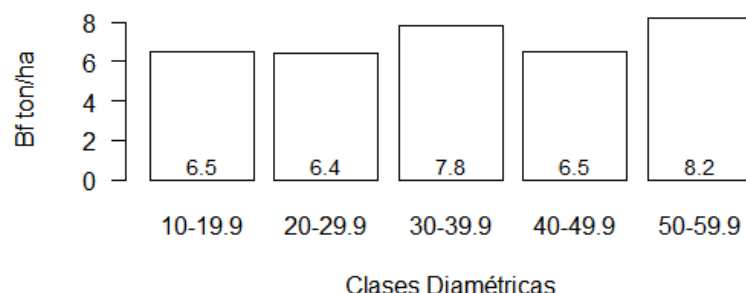


Figura 13. Biomasa producida por clases diamétricas en siete fincas del municipio de Páiwás, RACCS, 2020

4.2.8. Carbono almacenado y fijado en el arbolado disperso en potrero.

El total de carbono (C) almacenados en el área de estudio fue de 138.55 t/ha y el total de dióxido de carbono (CO₂) fijado fue de 508.6 t/ha. Las especies que fijan mayor cantidad de carbono resultaron ser: *Tabebuia rosea* (9.13 t/ha), *Spondias mombin* (3.52), *Bursera simarouba* (3.46), *Morinda panamensis* (2.07) y *Cordia alliodora* (2.06). Para el resto de las especies se reportan valores menores a 2 ton/ha. Las fincas con mayores cantidades de C y CO₂ fueron Las Mercedes (47.47 y 175.2 t/ha respectivamente), El Milagro (38.6 y 141.4) y La Fortuna (16.0 y 58.8). Mayores detalles pueden observarse en el Cuadro 9.

Sánchez e Irías (2019) en un estudio realizado en arbolado disperso en siete fincas del municipio de Mulukukú encontraron un total de carbono almacenado de 50.12 t/ha. El presente estudio los valores superan a los reportados por Sánchez e Irías (2019) lo cual dio un total de carbono almacenado de 138.4 t/ha siendo la finca las Mercedes con los mayores valores de carbono por hectárea, estos resultados pueden estar siendo más relevante debido al diámetro y la altura. (Sánchez e Irías 2019) reportan valores totales de dióxido de carbono de 183.97 t/ha, comparados con los resultados de este estudio hay sobre estimación del dióxido de carbono con un total de 508.6 t/ha, sobresaliendo con mayores valores la finca Las Mercedes.

Cuadro 9. Carbono (C) almacenados y dióxido de carbono (CO₂) fijado t y t/ha distribuidos por finca.

Fincas	Bf (t/ha)	C (t/ha)	CO ₂ (t/ha)
El Malinche	26	13	47.8
El Milagro	77	38.6	141.4
La Esperanza	11.8	5.8	21.4
La Fortuna	32	16	58.8
Las Mercedes	95.6	47.6	175.2
San Antonio	15.4	7.6	28.2
San Felipe	19.4	9.8	35.8
Total	277.2	138.4	508.6

En términos de distribución del carbono almacenado (C) y fijado (CO₂) con relación a las clases diamétricas, tanto los valores de C como de CO₂ fueron mayores en la categoría 50 – 59.9 cm con 5.7 y 21 t/ha respectivamente. Seguidos de las categorías 40 – 49.9 cm, 20 – 29.9 cm y 60 > cm (Figura 14).

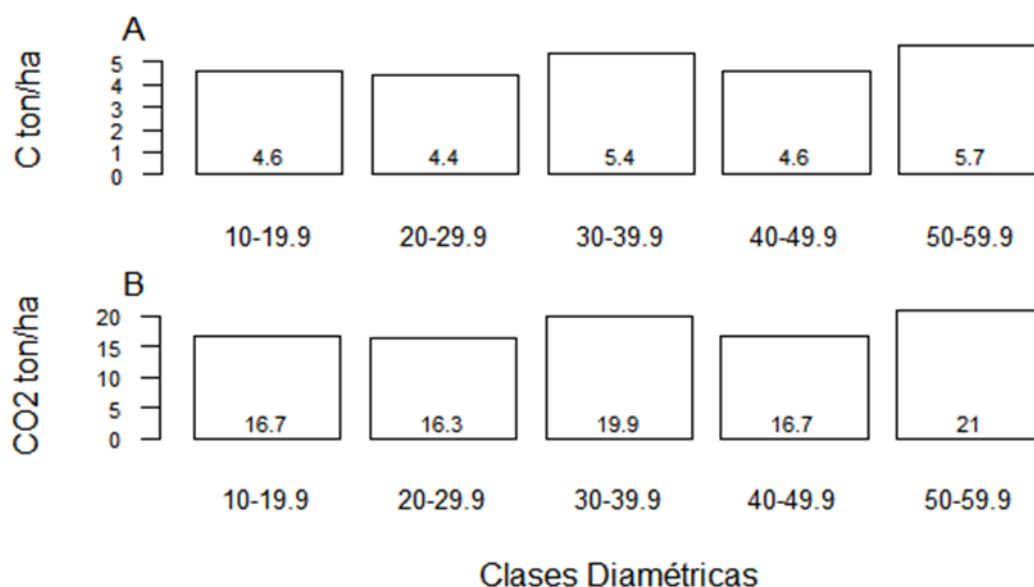


Figura 14. Distribución del carbono almacenado (A) y carbono fijado (B) en cinco clases diamétrica.

4.2.9. Especies fijadoras de carbono de acuerdo a su importancia ecológica.

Las especies más importante según el Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron: *Tabebuia rosea* (127.28), *Cordia alliodora* (39.31), *Persea coerulea* (27.20), *Lonchocarpus minimiflorus* (19.65), *Pithecellobium saman* (15.88) *Morinda panamensis* (15.49), *Bursera simarouba* (11.71), *Spondias mombins* (11.71), estos corresponden a los mayores valores obtenidos. El resto de las especies en este sistema tiene menos importancia (<7.94). Mayor detalle puede verse en el Anexo 7.

La especie de *Tabebuia rosea* fija mayor carbono (216.49 t/ha) que el resto de especies. Otras de mediana importancia como es *Spondias mombins* (59.98 t/ha), seguido por *Bursera simarouba*. El mayor peso ecológico dentro del arbolado disperso lo tiene *Tabebuia rosea* siendo esta especie considerada como la que fija mayor carbono. Se observa que las especies nativas que crecen en arbolado dispersos en potreros tienen buena capacidad de fijación.

Dado lo anterior, se requiere darle un manejo forestal adecuado a estas especies de mayor fijación de carbono entre las que se pueden mencionar: podas, raleos, rondas corta fuego y establecimiento de sistemas silvopastoriles que combinen el componente arbóreo con cultivos de pastos mejorados para producción de leche y carne a corto plazo y a largo plazo madera.

Cuadro 10. Especies fijadoras de carbono de acuerdo al IVI.

Nombre común	Nombre científico	C (t/ha)	CO₂ (t/ha)
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	58.99	216.49
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	9.56	35.09
Aguacate de monte	<i>Persea coerulea</i>	14.37	52.75
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	2.24	8.21
Genizaro	<i>Pithecellobium saman</i>	5.93	21.75
Yema de Huevo	<i>Morinda panamensis</i>	9.60	35.22
Jiñocuabo	<i>Busera simarouba</i>	16.05	58.91
Jocote jobo	<i>Spondias mombins</i>	16.34	59.98
Helequeme	<i>Erythrina fusca</i>	0.53	1.95
Llama del Bosque	<i>Spathodea campanulata</i>	3.28	12.03
Nancite	<i>Birsonima crasyfolia</i>	0.16	0.59
Sangredrigo	<i>Croton panamensis</i>	1.53	5.62
Total general		138.58	508.58

V. CONCLUSIONES

Se estableció la relación entre la composición florística, estructura, valor de importancia ecológica y su fijación de carbono. La especie de *Tabebuia rosea* fija menos carbono que otras de mediana importancia como son *Gmelina arborea* y *Cordia alliodora*. En bosque las especies exóticas fijan más de carbono. Se concluye que en los bosques latifoliados húmedos es necesario dar un manejo forestal adecuado a estas especies de mayor fijación de carbono.

En el caso de los árboles dispersos en potreros, la especie de *Tabebuia rosea* fija mayor carbono que el resto de especies. Se observó que las especies nativas que crecen en arbolado dispersos en potreros tienen buena capacidad de fijación. Se concluye que estos árboles tienen que ser manejados a través de establecimiento de sistemas silvopastoriles que combinen el componente arboreo con cultivos de pastos mejorados para producción de leche y carne a corto plazo y a largo plazo madera.

En el bosque latifoliado húmedo, la composición florística estuvo representada por 46 especies y 24 familias, siendo la familia *Mimosaceae* la más sobresaliente con siete especies. En las especies *Tabebuia rosea* y *Gmelina arborea* se concentran el mayor número de individuos. En la estructura horizontal la categoría diamétrica 10, 20 y 30 cm se concentra la mayor cantidad de individuos. En el arbolado disperso en potrero, estuvo representada por 12 especies y 10 familias. *Tabebuia rosea* es especie más abundante con la mayor cantidad de individuos. En la estructura horizontal la mayor cantidad de individuos se concentra en la categoría diamétrica entre 10 y 19.9 cm.

Los mayores valores de biomasa aérea en el bosque latifoliado húmedo se registraron en tres de las fincas San Felipe, San Antonio y La Esperanza, dicha biomasa se encuentran en las categorías 10, 20 y 30. La biomasa encontrada en el arbolado disperso en potreros está representada en la finca Las Mercedes, El Milagro y La Fortuna; el resto de las fincas con menos carbono.

Los mayores valores de carbono almacenado y fijado en el bosque latifoliado húmedo se registraron en tres de las fincas San Felipe, San Antonio y La Esperanza, dicha biomasa se encuentran en las categorías 20, 30 y 40. La biomasa encontrada en el arbolado disperso en potreros está representada en la finca Las Mercedes, El Milagro y La Fortuna; el resto de las fincas con menos carbono.

VI.- RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir con el monitoreo y levantamiento de la información de las variables dasométricas en las parcelas permanentes de muestreo, tomado en cuenta el aumento del tamaño de muestreo y la reducción de sesgo.

Utilización de fórmulas o ecuaciones alométricas distintas a la utilizadas en este estudio, para tener comparaciones entre los resultados obtenidos. Se recomienda para futuras trabajos de tesis realizar métodos directos (destrutivo) para obtener mejor precisión en los resultados.

Realizar manejo forestal sostenible en las fincas que fueron estudiadas con el fin de aumentar la captura y fijación de carbono, utilizando principalmente especies autóctonas o nativas en el componente arbóreo y menor proporción especies exóticas.

En las áreas de pastos cubiertos con arbolado disperso se recomienda establecer sistemas silvopastoriles utilizando especies de múltiples propósitos como banco de proteínas y fijadoras de carbono con el fin de que el ganado lo utilice como forraje o consumo (follaje, frutos, flores) y que a largo plazo genere ingresos extras a los productores por la producción de madera e incentivos económicos por captura de carbono.

Que CONAGAN promuevan capacitaciones dirigida a los productores ganaderos o dueños de fincas sobre el manejo forestal adecuado, incluyendo temas de servicios ambientales (infiltración de agua, pagos por captura de carbono, otros) a fin de mantener en el tiempo las áreas boscosas y aumentar los árboles dispersos en los potreros.

Replicar esta investigación en períodos de dos años para determinar tasas de fijación anual por captura de carbono y realizar una valoración económica por pagos por servicios ambientales.

Socializar los resultados de este estudio de tesis a los productores de las fincas muestreadas a fin de que tomen medidas para conservar y manejar el componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo y arbolado disperso en potrero.

VII. LITERATURA CITADA

Silva García, K. (2019). Cuantificación de la Biomasa, Dióxido de Carbono (CO₂) y Carbono Almacenado en Bosques y en Sistemas Silvopastoriles en Siete Fincas del Municipio del Municipio de Boaco-Camoapa, Nicaragua. 2018. Bachiller. Universidad Nacional Agraria.

Ruiz Herrera, M., (2012). Estudio Florístico del Estado Actual del Bosque Ripario en la Microcuenca El Coyote, Condega. Estelí. Bachiller. Universidad Nacional Agraria. (Pag.11,10).

Benavides, B. y León, A. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Bogotá, Colombia. IDEAM–METEO.

Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e05.htm#TopOfPage>

Cabudivo, K. (2017). Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles urbanos de la avenida Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto – Perú, 2016. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Iquitos, Perú.

CATIE. (2014). Mejorando la conservación de la biodiversidad y el manejo sostenible de la tierra en el bosque Atlántico del Paraguay oriental –Paraguay-biodiversidad (PDF). PY 11 p. Consultado. Set. 2015. disponible en http://www.paraguaybio.com.py/informes/Cursos%20de%20Sistemas%20Agroforestales/1Dasometria_2parte.pdf

FAO. (2004). Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005 términos y definiciones (Versión definitiva). Roma, 2004.

INAFOR. (2008). Resultados del Inventario Nacional Forestal: Nicaragua 2007 – 2008, Managua, Nicaragua, 232 p.

FAO. (1998) Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales. Departamento de Montes, Roma.

Tercero, G.; Urrutia G. (1994). Caracterización florística y estructural del bosque de galería en Chacocente, Carazo, Nicaragua. Tesis (Ing Agr). Universidad Nacional Agraria. 94 p. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf40t315.pdf>

Ugalde A. (1981). Conceptos básicos de dasometria. Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/A5909e/A5909e.pdf>

Zamora, J. y Quiroz. (2000). Terminología forestal de uso común en Centro América. Manejo forestal tropical. CATIE. Unidad de manejo de bosques naturales. N 14. Junio, 2000. ISSN. 1409 –3456.

Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M (2001). Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR. 265p. (Serie técnica, Manual técnico/ CATIE; no.46).

Rügnitz, M. T., Chacón, M. L., y Porro, R. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Recuperado de http://www.katoombagroup.org/documents/tools/ICRAF_GuiaDeterminacionCarbono_es.pdf

Segura, M. & Kanninen, M. (1999). Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En: Orozco, L. y Brumer, C. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba: CATIE, 2002. P. 202-222.

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change, CH). 2001. Glosario de términos utilizados en el tercer informe de evaluación del IPCC. S.I., (en línea). Consultado 26 abr. 2014. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

Melo Cruz, OA; Vargas Rios, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ed. OA Melo Cruz. 1 ed. Ibagué, CO/ Impresiones Conde. 235 p.

Sánchez R. Y Irías N (2018) Biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en sistema bosque y sistema silvopastoril en siete fincas del municipio de Mulukukú RACN, 2018. Bachilleres. Universidad Nacional Agraria.

Walker, W., Baccini, A., Nepstad, M., Horning, N., Knight, D., Braun, E., y Bausch, A. (2011). Guía de Campo para la Estimación de Biomasa y Carbono Forestal. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/262772474/ESTIMACION-DE-BIOMASA-Y-CARBONO-VEGETAL-pdf#>

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H. y Umaña, A. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Dauber, E., Terán, J., y Guzmán, R. (2000). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana, 1 (1), 1-10. Recuperado de <http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC2.pdf>

Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis* en un bosque de altura de la cordillera de Salamanca, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Escuela Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional, Heredia, CR. 147 p.

Chaves S. M. E. y Arango, N: V. 1997. Diversidad biológica: Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Columbia. Instituto de investigación de recurso biológicos “Alexander Von Humboldt.

LOCATELLI & LEONARD. 2001. Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile). http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT_267_69-81.pdf

Ortiz, A; Riascos, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao* L) y laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken) en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica, Tesis Ing. Agroforestal. San Juan de Pasto, Narino, Colombia. 111 p.

Rapidel, B., Picado., Torres M., y Torrez B. 1999. Guía para comprender el cambio climático en Nicaragua, Gráfica Editores, Nicaragu. 62 p.

ANEXOS

Anexo 1. Especies encontradas en el componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo en el municipio de Páiwás RACCS 2020.

Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Familias
1	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
2	Melina	<i>Gmelina arborea</i>	Verbenaceae
3	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
4	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
5	Palo de agua	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Vochysiaceae
6	Cola de pava	<i>Cupania cinerea</i>	Sapindaceae
7	Yema de huevo	<i>Morinda panamensis</i>	Rubiacea
8	Aguacate de monte	<i>Persea coerulea</i>	Lauraceae
9	Madero negro	<i>Gliriceidia sepium</i>	Fabaceae
10	Tamarindo	<i>Dialium guianensis</i>	Caesalpinaceae
11	Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Fabaceae
12	Chinche	<i>Ficus insipidia</i>	Moraceae
13	Guaba	<i>Inga vera</i>	Mimosaceae
14	Guácimo molenillo	de <i>Luehea candida</i>	Tiliaceae

15	Kerosén	<i>Tetragastris panamensis</i>	Burseraceae
16	Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	Eleocarpaceae
17	Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
18	Elequeme	<i>Erythrina fusca</i>	Fabaceae
19	Guaba negra	<i>Inga punctata</i>	Mimosaceae
20	Bimbayán	<i>Rehdera trinervis</i>	Verbenaceae
21	Coyote	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Fabaceae
22	Cenízaro	<i>Pithecellobium samam</i>	Mimosaceae
23	Huevo de burro	<i>Stemmadenia donell smithii</i>	Apocynaceae
24	Limón	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae
25	Pata de venado	<i>Bauhinia pauletia</i>	Mimosaceae
26	Uña de gato	<i>Machaerium viobolatum</i>	Fabaceae
27	Cachito	<i>Stemmadenia obovata</i>	Apocynaceae
28	Capirote	<i>Miconia</i> sp	Melastomataceae
29	Cedrón macho)	(Cedro <i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae
30	Chilamate	<i>Ficus ovalis</i>	Moraceae
31	Cortez	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae

32	Fosforito	<i>Protium glabrum</i>	Burseraceae
33	Gavilán	<i>Albizia guachapale</i>	Mimosaceae
34	Guaba luna	<i>Hirtella triandra</i>	Chrysobalanaceae
35	Guaba roja	<i>Inga thibaudiana</i>	Mimosaceae
36	Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae
37	Guanacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpun</i>	Mimosaceae
38	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Cecropiaceae
39	Jicarillo	<i>Pasoqueria latifolia</i>	Rubiaceae
40	Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae
41	Mata palo	<i>Ficus obtusifolia</i>	Moraceae
42	Nancite	<i>Byrsonima crasifolia</i>	Malphigiaceae
43	Naranja dulce	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae
44	Quita calzón	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae
45	Vainillo	<i>Senna atomaria</i>	Caesalpinaceae
46	Zopilote	<i>Piscidia piscipula</i>	Fabaceae

Anexo 2. Biomasa, carbono almacenado y dióxido de carbono por finca en el municipio de Paiwas.

Fincas	Bf (t)	C (t)	CO₂ (t)	Bf (t/ha)	C (t/ha)	CO₂ (t/ha)
El Malinche	12.32	6.16	22.60	49.26	24.63	90.40
El Milagro	8.50	4.25	15.60	34.00	17.00	62.38
La Esperanza	20.09	10.04	36.86	80.35	40.17	147.44
La Fortuna	1.35	0.67	2.48	5.40	2.70	9.91
Las Mercede	2.91	1.46	5.35	11.65	5.83	21.39
San Antonio	21.60	10.80	39.63	86.40	43.20	158.54
San Felipe	25.25	12.63	46.34	101.01	50.50	185.35
Total	92.02	46.01	168.85	368.07	184.03	675.40

Anexo 3. Consolidado de resultados de las Clases diamétrica para Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, en el sistema bosques del municipio de Paiwas 2020.

CD	NAR	Bf (ton)	C (ton)	CO₂ (ton)	NAR/ha	Bf (ton)/ha	C (ton)/ha	CO₂ (ton)/ha
10 - 19.99	173	9.41	4.70	17.26	98.86	5.38	2.69	9.86
20 - 29.99	69	16.27	8.13	29.86	39.43	9.30	4.65	17.06
30 - 39.99	49	28.03	14.02	51.44	28.00	16.02	8.01	29.40
40 - 49.99	22	17.65	8.82	32.38	12.57	10.08	5.04	18.50
50 - 59.99	5	5.70	2.85	10.46	2.86	3.26	1.63	5.98
60 >	6	14.96	7.48	27.45	3.43	8.55	4.27	15.69
Total	324	92.02	46.01	168.75	185.14	52.63	26.29	96.49

Anexo 4. Distribución por clases diamétrica en el componente arbóreo del municipio de Paiwas para la determinación de Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, 2020.

FINCAS	Clases	El Malinche				El Milagro			
		NAR	Bf (ton)	C (ton)	CO ₂ (ton)	NAR/ha	Bf (ton)/ha	C (ton)/ha	CO ₂ (ton)/ha
El Malinche	10 - 19.99	7	0.37	0.18	0.67	28	1.47	0.73	2.69
El Malinche	20 - 29.99	4	0.73	0.37	1.34	16	2.92	1.46	5.36
El Malinche	30 - 39.99	9	3.85	1.92	7.06	36	15.39	7.69	28.24
El Malinche	40 - 49.99	9	6.80	3.40	12.47	36	27.18	13.59	49.88
El Malinche	50 - 59.99	1	0.58	0.29	1.06	4	2.30	1.15	4.22
Total El Malinche		30	12.32	6.16	22.60	120	49.26	24.63	90.40
El Milagro	10 - 19.99	12	0.54	0.27	1.00	48	2.17	1.09	3.99
El Milagro	20 - 29.99	5	0.80	0.40	1.47	20	3.21	1.60	5.88
El Milagro	30 - 39.99	4	1.73	0.87	3.18	16	6.92	3.46	12.71
El Milagro	40 - 49.99	3	2.87	1.44	5.27	12	11.49	5.75	21.09
El Milagro	50 - 59.99	2	2.55	1.27	4.68	8	10.20	5.10	18.72
Total El Milagro		26	8.50	4.25	15.60	104	34.00	17.00	62.38
La Esperanza	10 - 19.99	26	1.69	0.85	3.11	104	6.77	3.39	12.42
La Esperanza	20 - 29.99	16	4.76	2.38	8.74	64	19.04	9.52	34.94
La Esperanza	30 - 39.99	15	10.18	5.09	18.69	60	40.74	20.37	74.76
La Esperanza	40 - 49.99	2	2.23	1.12	4.10	8	8.93	4.47	16.39
La Esperanza	60 >	1	1.22	0.61	2.23	4	4.86	2.43	8.92
Total La Esperanza		60	20.09	10.04	36.86	240	80.35	40.17	147.44
La Fortuna	10 - 19.99	33	0.93	0.46	1.71	132	3.72	1.86	6.82
La Fortuna	20 - 29.99	6	0.42	0.21	0.77	24	1.68	0.84	3.08
Total La Fortuna		39	1.35	0.67	2.48	156	5.40	2.70	9.91
Las Mercede	10 - 19.99	42	1.87	0.93	3.43	168	7.48	3.74	13.72
Las Mercede	20 - 29.99	2	0.47	0.24	0.87	8	1.89	0.94	3.46
Las Mercede	40 - 49.99	2	0.57	0.29	1.05	8	2.29	1.15	4.20
Total Las Mercede		46	2.91	1.46	5.35	184	11.65	5.83	21.39
San Antonio	10 - 19.99	23	1.54	0.77	2.83	92	6.17	3.09	11.33
San Antonio	20 - 29.99	18	4.51	2.26	8.28	72	18.05	9.02	33.12
San Antonio	30 - 39.99	12	6.42	3.21	11.79	48	25.69	12.84	47.14
San Antonio	40 - 49.99	4	2.94	1.47	5.39	16	11.75	5.88	21.56
San Antonio	50 - 59.99	1	1.75	0.87	3.21	4	6.99	3.50	12.83
San Antonio	60 >	2	4.43	2.22	8.14	8	17.74	8.87	32.55
Total San Antonio		60	21.60	10.80	39.63	240	86.40	43.20	158.54
San Felipe	10 - 19.99	30	2.46	1.23	4.52	120	9.85	4.92	18.07
San Felipe	20 - 29.99	18	4.57	2.29	8.39	72	18.29	9.15	33.57

San Felipe	30 - 39.99	9	5.85	2.92	10.73	36	23.39	11.70	42.93
San Felipe	40 - 49.99	2	2.23	1.12	4.10	8	8.93	4.47	16.39
San Felipe	50 - 59.99	1	0.82	0.41	1.51	4	3.30	1.65	6.05
San Felipe	60 >	3	9.31	4.65	17.08	12	37.24	18.62	68.33
Total San Felipe		63	25.25	12.63	46.34	252	101.01	50.50	185.35

Anexo 5. Especies representativas según importancia ecológica del componente arbóreo del bosque latifoliado húmedo.

ESPECIE	N. CIENTIFICO	FRECUENCIA		DOMINANCIA		ABUNDANCIA		IVI (%)
		No. Repeticiones	(%)	Ab/sp (m ²)	(%)	Arb/s p	(%)	
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	6	8.11	0.00	20.9	68.00	20.9	50.08
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	2	2.70	0.00	15.4	50.00	15.4	33.57
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	3	4.05	0.00	9.57	31.00	9.57	23.19
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	3	4.05	0.00	8.02	26.00	8.02	20.10
Cola de pava	<i>Cupania cinerea</i>	3	4.05	0.00	6.17	20.00	6.17	16.40
Yema de huevo	<i>Morinda panamensis</i>	4	5.41	0.00	4.94	16.00	4.94	15.28
Palo de Agua	<i>Vochysia guatemalensis</i>	1	1.35	0.00	6.48	21.00	6.48	14.31
Aguacate de monte	<i>Persea coerulea</i>	4	5.41	0.00	3.09	10.00	3.09	11.58
Madero Negro	<i>Gliriceidia sepium</i>	3	4.05	0.00	3.09	10.00	3.09	10.23
Cedro Real	<i>Cedrela odorata</i>	3	4.05	0.00	0.93	3.00	0.93	5.91

Anexo 6. Especies encontradas en el arbolado disperso en potrero en el municipio de paiwas 2020.

No	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
1	Aguacate de Monte	<i>Persea coerulea</i>	Laurácea
2	Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Mimosaceae
3	Elequeme	<i>Erythrina fusca</i>	Fabaceae
4	Genízaro	<i>Pithecellobium saman</i>	Mimosaceae
5	Jiñocuabo	<i>Busera simarouba</i>	Burseraceae
6	Jocote Jobo	<i>Spondias mombins</i>	Anacardiaceae
7	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
8	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpigiaceae
9	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
10	San Gregado	<i>Croton panamensis</i>	Euphorbiaceae
11	Yema de Huevo	<i>Morinda panamensis</i>	Rubiaceae
12	Llamarada del bosque	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae

Anexo 7. Especies representativas según Índice de Valor de importancia IVI del sistema de arbolado disperso en potrero.

ESPECIE	N CIENTIFICO	FRECUENCIA		DOMINANCIA		ABUNDANCIA		
		No. Repeticiones	(%)	Ab/sp (m ²)	(%)	Arb/sp	(%)	IVI (%)
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	7	29.17	0.01	49.06	26.00	49.06	127.28
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	4	16.67	0.00	11.32	6.00	11.32	39.31
Aguacate de monte	<i>Persea coerulea</i>	2	8.33	0.00	9.43	5.00	9.43	27.20
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	2	8.33	0.00	5.66	3.00	5.66	19.65
Genizaro	<i>Pithecellobium saman</i>	2	8.33	0.00	3.77	2.00	3.77	15.88
Yema de huevo	<i>Morinda panamensis</i>	1	4.17	0.00	5.66	3.00	5.66	15.49
Jiñocuabo	<i>Busera simarouba</i>	1	4.17	0.00	3.77	2.00	3.77	11.71
Jocote jobo	<i>Spondias mombins</i>	1	4.17	0.00	3.77	2.00	3.77	11.71
Elequeme	<i>Erythrina fusca</i>	1	4.17	0.00	1.89	1.00	1.89	7.94
Llama del Bosque	<i>Spathodea campanulata</i>	1	4.17	0.00	1.89	1.00	1.89	7.94
Nancite	<i>Birsonima crasyfolia</i>	1	4.17	0.00	1.89	1.00	1.89	7.94
Sangregado	<i>Croton panamensis</i>	1	4.17	0.00	1.89	1.00	1.89	7.94
Total		24	100.00	0.0163	100.00	53.00	100.00	

Anexo 8. Biomasa, carbono almacenado y dióxido de carbono por finca en el municipio de Paiwas 2020.

	Bf (t)	C (t)	CO₂ (t)	Bf (t/ha)	C (t/ha)	CO₂ (t/ha)
El Malinche	1.3	0.65	2.39	26	13	47.8
El Milagro	3.85	1.93	7.07	77	38.6	141.4
La Esperanza	0.59	0.29	1.07	11.8	5.8	21.4
La Fortuna	1.6	0.8	2.94	32	16	58.8
Las Mercedes	2.39	1.19	4.38	95.6	47.6	175.2
San Antonio	0.77	0.38	1.41	15.4	7.6	28.2
San Felipe	0.97	0.49	1.79	19.4	9.8	35.8
Total	11.47	5.73	21.05	277.2	138.4	508.6

Anexo 9. Distribución por clases diamétricas en el sistema de arbolado disperso para la determinación de Biomasa Forestal, Carbono almacenado y Dióxido de carbono, del municipio de Paiwas.

CD	NAR	Bf (ton)	C (ton)	CO2 (ton)	NAR/ha	Bf (ton)/ha	C (ton)/ha	CO2 (ton)/ha
10 - 19.99	32	2.12	1.06	3.89	98.46	6.52	3.26	11.97
20 - 29.99	10	2.06	1.03	3.79	30.77	6.35	3.18	11.65
30 - 39.99	6	2.52	1.26	4.62	18.46	7.75	3.88	14.22
40 - 49.99	3	2.11	1.06	3.88	9.23	6.51	3.25	11.94
50 - 59.99	2	2.65	1.33	4.87	6.15	8.16	4.08	14.98

Anexo 10. Consolidado de resultados de la distribución por clases diamétrica para biomasa forestal, carbono almacenado y dióxido de carbono, en el arbolado disperso del municipio de Paiwas.

Finca	Clases	NAR	Bf (ton)	C (ton)	CO ₂ (ton)	NAR/ha	Bf (ton)/ha	C (ton)/ha	CO ₂ (ton)/ha
El Malinche	10 - 19.99	5	0.27	0.14	0.50	100	5.44	2.72	9.98
	20 - 29.99	2	0.47	0.23	0.86	40	9.39	4.70	17.23
	30 - 39.99	2	0.56	0.28	1.03	40	11.24	5.62	20.62
Total El Malinche		9	1.30	0.65	2.39	180	26.07	13.03	47.84
El Milagro	10 - 19.99	3	0.10	0.05	0.19	60	2.06	1.03	3.77
	20 - 29.99	2	0.12	0.06	0.22	40	2.38	1.19	4.36
	30 - 39.99	2	0.98	0.49	1.80	40	19.67	9.84	36.10
	40 - 49.99	2	1.65	0.82	3.03	40	32.98	16.49	60.51
	50 - 59.99	1	1.00	0.50	1.83	20	19.93	9.97	36.57
Total El Milagro		10	3.85	1.93	7.07	200	77.01	38.50	141.31
La Esperanza	10 - 19.99	6	0.35	0.18	0.65	120	7.06	3.53	12.95
	20 - 29.99	1	0.23	0.12	0.43	20	4.66	2.33	8.55
	Total La Esperanza		7	0.59	0.29	1.07	140	11.72	5.86
La Fortuna	10 - 19.99	4	0.39	0.20	0.72	160	15.70	7.85	28.81
	20 - 29.99	3	0.74	0.37	1.36	120	29.68	14.84	54.46
	40 - 49.99	1	0.47	0.23	0.86	40	18.64	9.32	34.21
Total La Fortuna		8	1.60	0.80	2.94	160	32.01	16.00	58.74
Las Mercedes	10 - 19.99	3	0.11	0.06	0.21	120	4.48	2.24	8.21
	30 - 39.99	1	0.62	0.31	1.14	40	24.78	12.39	45.47
	50 - 59.99	1	1.66	0.83	3.04	40	66.24	33.12	121.55
Total Las Mercedes		5	2.39	1.19	4.38	100	47.75	23.87	87.62
San Antonio	10 - 19.99	5	0.44	0.22	0.81	100	8.84	4.42	16.22
	20 - 29.99	1	0.33	0.16	0.60	20	6.56	3.28	12.03
	Total San Antonio		6	0.77	0.38	1.41	120	15.39	7.70
San Felipe	10 - 19.99	6	0.45	0.22	0.82	120	8.92	4.46	16.36

	20 - 29.99	1	0.17	0.09	0.32	20	3.46	1.73	6.35
	30 - 39.99	1	0.35	0.18	0.65	20	7.09	3.54	13.00
Total San Felipe		8	0.97	0.49	1.79	160	19.46	9.73	35.71
Total general		53	11.47	5.74	21.05	163.08	35.29	17.65	64.76

Anexo 11. Registro de datos las PMP del arbolado ≥ 10 cm de DAP.

Formato de campo para toma de variables.

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

NPAR: Número de parcela. NAR: Numero de árboles. ESPECIES: Se refiere al nombre común del árbol en la zona. DAP: Diámetro a la altura del pecho. At: Altura total del árbol. Af: Altura de fuste del árbol.

Anexo 12. Registro de datos en las sub parcelas de 10*10m dentro de las PMP del arbolado de 5 a 9.99 cm de DAP.

NPAR	NAR	Especie	DAP (cm)	At(m)

Anexo 13. Registro de datos las fajas de muestreo en el sistema silvopastoril para el arbolado \geq 10cm de DAP.

NF	NAR	Especie	DAP(cm)	At(m)	AF(m)

Anexo 14. Fotografía tomada durante la etapa de campo.



Anexo 15. Glosario de términos.

Efecto invernadero: Es el calentamiento adicional del planeta, producto de un flujo continuo de energía que proviene del sol, fundamentalmente en forma de luz visible, que llega a la tierra y la tierra manda de vuelta esta energía hacia el espacio (Rapidel et al, 1999).

Dióxido de carbono: es un gas de efecto invernadero y el segundo mayor responsable del efecto invernadero provocado por el hombre; este gas está naturalmente presente en la atmósfera y está formado por dos átomos de oxígeno y por un átomo de carbono (Rapidel et al, 1999).

Biomasa: Se define como la cantidad de organismos vivos de una o más especies o de todas las de una comunidad, por unidad de superficie en un momento dado (Zamora y Quiroz, 2000) aunque también en materia meramente forestal se define como la masa total de los componentes de un árbol incluyendo las ramas y hojas.

Secuestro de carbono: se refiere a la acción de remover en forma permanente CO_2 que se encuentra en la atmósfera y, por lo tanto, requiere de un incremento neto en la biomasa del bosque o plantación forestal (Segura, 1997).

Almacenamiento de carbono: 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 y Riascos, 2006).

Biomasa aérea total (BT): Se refiere al peso seco del material vegetal de los árboles con DAP mayor a 10 cm, incluyendo fustes, corteza, ramas y hojas. Corresponde a la altura total del árbol, desde el suelo hasta el ápice de la copa. (Dauber y Guzmán, 2000).

Contenido de carbono Es el producto de una cantidad almacenada y se expresa en “toneladas/año”. Se aplica tanto a las cantidades almacenadas en la biosfera como a las cantidades liberadas en la atmósfera. Esta noción fue introducida en los mecanismos de desarrollo limpio para permitir una comparación entre las diversas fuentes y pozos de carbono (Locatelli & Leonard, 2001).

Flujo de carbono: transferencia de carbono de una reserva a otra (Segura, 1997).

Bosque: Tierra que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de copas superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano (FAO, 2004).

Bosque húmedo: El bosque húmedo tropical se caracteriza por ser un ecosistema de mayor complejidad estructural, estratificación y diversidad de especies del mundo. Las características estructurales y la diversidad del BHT muestra una estrecha correlación con la precipitación, los mayores niveles de diversidad se presentan en las áreas con valores de precipitación anual mayores a los 3 000 mm. (Chaves y Arango, 1997).

Carbono almacenado: Se refiere al carbono que está acumulado en determinado ecosistema vegetal (Segura, 1997).

Fijación de carbono: se refiere al carbono que una unidad de área cubierta por vegetación tiene la capacidad de fijar en periodo determinado (Segura, 1997).