



Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

**Biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en
sistema bosque y sistema silvopastoril en siete
fincas del municipio de Mulukukú, RACN, 2018**

Autor:

Bra. Nadieska Isabel Sánchez Rodas

Br. Norwuin Ali Irías Gutiérrez

Asesores:

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano

Ing. MSc. Claudio Calero González

Managua, Nicaragua

Junio, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE

Trabajo de Graduación

**Biomasa forestal, carbono fijado y almacenado
en sistema bosque y sistema silvopastoril en siete
fincas del municipio de Mulukukú, RACN, 2018**

AUTOR:

Bra. Nadieska Isabel Sánchez Rodas
Br. Norwuin Ali Irías Gutiérrez

ASESORES:

Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano
Ing. MSc. Claudio Calero González

Managua, Nicaragua
Junio, 2019

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

Dr. Guillermo Ramón Castro Marín
Presidente

Ing. Álvaro José Noguera Talavera
Secretario

Lic. MSc. Teresa Morales Castillo
Vocal

Managua, Nicaragua
Octubre, 2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Descripción del área de estudio	4
3.1.1 Ubicación del área	4
3.1.2 Características biofísicas	5
3.2 Proceso metodológico	5
3.2.1 Etapa 1: Planificación del estudio	5
3.2.2 Etapa 2: Proceso de levantamiento de información	7
3.2.3 Etapa 3: Digitalización y procesamiento de datos	10
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Sistema bosque	15
4.1.1 Composición florística	15
4.1.2 Número de árboles, área basal y volumen por hectárea encontrado en el sistema bosque	18
4.1.3 Distribuciones diamétricas en árboles ≥ 10 cm en el sistema bosque	20
4.1.4 Comportamiento de la Biomasa forestal total por especie y por hectárea encontrada en la finca La Ceiba	23
4.1.5 Análisis de la fijación de dióxido de carbono total (CO ₂) encontrado en la finca La Ceiba	24
4.1.6 Carbono almacenado en la finca La Ceiba	25
4.1.7 Comportamiento de la Biomasa forestal total por especie y por hectárea encontrada en la finca Regalo de Dios	26
4.1.8 Análisis de la fijación de dióxido de carbono total (CO ₂) encontrado en la finca Regalo de Dios	26
4.1.9 Carbono almacenado en la finca Regalo de Dios	27

4.2	Sistemas silvopastoriles	29
4.2.1	Composición florística	29
4.2.2	Número de árboles área basal y volumen por hectárea encontrado en siete fincas en sistemas silvopastoriles	32
4.2.3	Distribuciones diamétrica en árboles ≥ 10 cm en sistemas silvopastoriles	33
4.2.4	Comportamiento de la biomasa forestal total en sistemas silvopastoriles	34
4.2.5	Fijación de dióxido de carbono (CO ₂) total en sistemas silvopastoriles	35
4.2.6	Carbono almacenado total en sistemas silvopastoriles	36
4.2.7	Comportamiento de la biomasa forestal, dióxido de carbono fijado y almacenado en las diferentes fincas en sistema bosque y silvopastoriles	36
V	CONCLUSIONES	39
VI	RECOMENDACIONES	40
VII	LITERATURA CITADA	41
VIII	ANEXOS	46

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darme sabiduría, guiarme e iluminarme durante toda mi vida y en especial por culminar mis estudios, todo se lo debo a él, porque sin Dios no somos nada.

Con todo mi amor respeto y agradecimiento a mi madre Sra. Esperanza Rodas y mi padre Sr. José Sánchez quienes me han apoyado todos los días de mi vida, por creer siempre en mí, y luchar con sacrificio para alcanzar este escalón en mi vida.

A mi hija Diamara Nadieska por ser la persona más importante de mi vida y ser mi inspiración para ser una profesional en la vida.

A mis hermanas por ser un apoyo importante en mi vida, a mis amigos y compañeros de clases con los cuales compartimos bellos y gratos momentos los cuales han dejado huella en mi vida.

“No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudare, siempre te sustentare con la diestra de mi justicia”. **Isaías 41:10**

Bra: Nadieska Isabel Sánchez Rodas

Primero a Dios por darme las fortalezas, inteligencia, sabiduría y las fuerzas necesarias para seguir adelante superando los obstáculos y poder lograr cumplir mis metas.

A mi querida madre Sonia Elena Gutiérrez; hermanos Scarleth Irías y Berman Irías que son el pilar más importante e inquebrantable de mi vida, por sus palabras de aliento, cariño, amor y confianza durante esta etapa de mi vida.

A mis tíos Rosa Amelia Gutiérrez y Máximo Vásquez; primas Dina Vásquez y Audelis Vásquez por darme tanto amor cariño y comprensión por inculcar en mí los principios y valores para triunfar honradamente en la vida, por sus consejos y su apoyo incondicional desde el inicio hasta el final de mi carrera.

A doña Luz Rodríguez por sus consejos, sus palabras de aliento y su gran apoyo incondicional durante mi carrera en la universidad.

A mi familia que siempre han estado en los momentos más difíciles de mi vida y que con su poca ayuda que me han brindado he podido cumplir mis sueños de ser un profesional.

Br: Norwain Ali Irías Gutiérrez

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro padre celestial por protegernos, bendecirnos grandemente, ser el protector de nuestros pasos a diario, por darnos fuerzas y perseverancia, para alcanzar tan anhelada meta.

A la Comisión Nacional Ganaderos de Nicaragua (CONAGAN) por brindarnos su apoyo y el financiamiento para la realización de esta presente investigación.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) en especial a la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente por su gran apoyo

A nuestros asesores Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano y Ing. Msc. Claudio Calero por confiar en nosotros y darnos la oportunidad de realizar esta investigación y por sus valiosas enseñanzas, consejos, predisposición y el tiempo que nos dedicaron para lograr culminar el trabajo.

A cada uno de los productores que nos apoyaron en el campo y por permitirnos realizar esta investigación en sus propiedades.

A mis amigos Mariann Espinoza, Jorge Jirón, Kevin Silva y Jonathan Robles por brindarme sus apoyos incondicionales cuando más lo necesité.

A los profesores Ing. Emelina Tapia, Ing. Martha Orozco, Lic. Rosa María Reyes, Ing. Jorge Gómez e Ing. Lucía Romero por sus apoyos incondicionales en el transcurso de la carrera.

A nuestros amigos, compañeros y todos aquellos que participaron directa o indirectamente en el desarrollo de esta tesis, muchísimas gracias a todos que nuestro señor Dios todo poderoso los bendiga hoy, mañana y siempre.

Bra: Nadieska Isabel Sánchez Rodas

Br: Norwain Ali Irías Gutiérrez

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Fincas seleccionadas en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	7
2. Número de especies, familias botánicas, géneros y árboles encontrados en la finca La Ceiba y Regalo de Dios en sistema bosque en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	15
3. Especies arbóreas y familias botánicas encontradas en la finca La Ceiba ubicada en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	16
4. Especies arbóreas y familias botánicas encontradas en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	17
5. Número de árboles, área basal y volumen total por hectárea en 3 parcelas de bosque en la finca La Ceiba y Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	18
6. Área basal, volumen y número de árboles por especies en hectáreas encontrado en la finca La Ceiba, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	19
7. Área basal, volumen y número de árboles por especie en hectáreas encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	20
8. Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	23
9. Dióxido de carbono fijado CO ₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca La Ceiba, en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	24
10. Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca La Ceiba, en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	25
11. Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en el sistema bosque en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	26
12. Dióxido de carbono fijado CO ₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	27
13. Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	28
14. Número de especies, familias botánicas, géneros y árboles encontrados en siete fincas en sistema silvopastoriles, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	29

15.	Familias botánicas y especies arbóreas encontradas en siete fincas en sistemas silvopastoriles, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	31
16.	Número de árboles, área basal y volumen por hectárea en siete fincas en sistemas silvopastoril, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	32
17.	Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	34
18.	Dióxido de carbono fijado CO ₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	35
19.	Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	36
20.	Biomasa forestal, carbono fijado (CO ₂) y almacenado por fincas en toneladas/ha en sistema bosque y silvopastoril en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Mapa de ubicación geográfica del municipio de Mulukukú, Región Autónoma del Caribe Norte, (RACN), 2018.	4
2. Diseño metodológico en Parcelas de Muestreo Permanentes (PMP) en sistema bosque y silvopastoril en fincas seleccionadas del municipio de Mulukukú, (RACN), 2018.	8
3. Mapa de ubicación de parcelas de muestreo permanente (PMP) establecidas en fincas seleccionadas del municipio de Mulukukú, (RACN), 2018.	9
4. Número de individuos por clases diamétricas en sistemas de bosque encontrados en la finca La Ceiba del municipio de Mulukukú, (RACN), 2018.	21
5. Número de individuos por clases diamétricas en sistemas de bosque encontrados en la finca Regalo de Dios del municipio de Mulukukú, (RACN), 2018.	22
6. Fijación de dióxido de carbono (CO ₂) por hectárea por clase diamétrica en el sistema bosque en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	22
7. Porcentaje de individuos por especies en las siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	30
8. Distribución diamétrica en árboles ≥ 10 cm en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	33
9. Dióxido de carbono fijado (CO ₂) toneladas/ha por clase diamétrica en sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Especies arbóreas con mayor porcentaje según el número de individuos presentes en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	46
2. Familias botánicas con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	46
3. Especies arbóreas con mayor porcentaje según el número de individuos presentes en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	47
4. Familias botánica con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en la finca Regalo de Dios del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	47
5. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	48
6. Carbono Fijado CO ₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	48
7. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	49
8. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectárea) encontrada en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	49
9. Carbono Fijado CO ₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	50
10. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	50
11. Número de individuos, especies y familias botánicas encontrados en sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	51
12. Especies arbóreas con mayor número y porcentaje de individuos presentes en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	51
13. Familias botánicas con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	52
14. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	52

15. Carbono fijado CO ₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	53
16. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.	53
17. Formato de registro de datos de las PMP del arbolado \geq 10cm de DAP.	54
18. Registro de datos en las subparcelas de 10*10m dentro de las PMP del arbolado de 5 a 9.99 cm de DAP.	54
19. Registro de datos de las fajas de muestreo en el sistema silvopastoril para el arbolado \geq 10cm de DAP.	54
20. Glosario de términos.	55

RESUMEN

El presente estudio se realizó en siete fincas de productores ubicadas en el municipio de Mulukukú, Siuna, Región Autónoma del Caribe Norte (RACN), con el objetivo de determinar el carbono fijado y almacenado en la biomasa aérea presente en el componente arbóreo en sistemas bosques y silvopastoriles utilizando métodos no destructivos, la identificación de especies más representativas y la determinación de la biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en los dos sistemas. Se implementó un diseño de inventario en parcelas de Muestreo Permanentes (PMP); en el sistema bosque se establecieron 3 parcelas de 50 x 50 m estableciendo 2 en la finca La Ceiba y 1 en la finca Regalo de Dios. En sistemas silvopastoriles se establecieron parcelas de 10 x 25 m estableciendo 2 por cada finca para un total de 14 parcelas. En relación a la biomasa forestal, la densidad de la madera es de 0.5 gr/cm³ convertido a kg/m³ y el factor de expansión de la misma corresponde a 1.20 para biomasa aérea (ramas, hojas) establecidas por la FAO (1997 y 1998). Para el caso del carbono almacenado se utilizó la fracción de 0.5 asumiendo que el 50% de la biomasa es carbono. El dióxido de carbono fijado CO₂ se calculó en base al carbono de la madera multiplicado por 3.67 que sale directamente del peso atómico del CO₂. Como resultado de la investigación; En sistema bosque se establece la existencia de una riqueza de especies, contabilizando 238 individuos, perteneciente a 40 especies, 38 géneros y 28 familias. En sistemas silvopastoril se encontraron 136 individuos, 24 especies, 24 géneros y 23 familias. Para el sistema bosque en la finca La Ceiba se determinó un total de biomasa forestal de 72.69 ton/ha, lo que corresponde a 133.39 ton CO₂/ha y 36.34 ton C/ha, mientras que para la finca Regalo de Dios el total de biomasa forestal es de 49.62 ton/ha, carbono fijado de 91.06 ton/ha y carbono almacenado de 24.81 ton/ha. En sistema silvopastoril el total de biomasa forestal que se determinó es de 100.25 ton/ha, carbono fijado de 183.97 ton/ha y carbono almacenado de 50.12 ton/ha.

Palabras claves: Fincas, biomasa, carbono, bosque, silvopastoril.

ABSTRACT

The present study was carried out in seven farms of producers located in the municipality of Mulukukú, Siuna, Autonomous Region of the North Caribbean (RACN), with the objective of determining the carbon fixed and stored in the aerial biomass present in the arboreal component in forest systems and silvopastoral systems using non-destructive methods, the identification of most representative species and the determination of forest biomass, carbon fixed and stored in the two systems. An inventory design was implemented in Permanent Sampling Plots (PMP); In the forest system, 3 plots of 50 x 50 m were established, establishing 2 in the La Ceiba farm and 1 in the Gift of God farm. In silvopastoral systems, plots of 10 x 25 m were established, establishing 2 for each farm for a total of 14 parcels. In relation to forest biomass, the density of the wood is 0.5 gr/cm^3 converted to kg / m^3 and the expansion factor corresponds to 1.20 for aerial biomass (branches, leaves) established by FAO (1997 and 1998). For the case of carbon stored, the fraction of 0.5 was used, assuming that 50% of the biomass is carbon. The carbon dioxide fixed CO_2 was calculated based on the carbon of the wood multiplied by 3.67 that comes directly from the atomic weight of CO_2 . As a result of the investigation; The forest system establishes the existence of a species richness, accounting for 238 individuals, belonging to 40 species, 38 genera and 28 families. In silvopastoral systems, 136 individuals, 24 species, 24 genera and 23 families were found. For the forest system on the La Ceiba farm a total of forest biomass of 72.69 ton/ha was determined, which corresponds to 133.39 ton CO_2 /ha and 36.34 tons C/ha, while for the Gift of God farm the total biomass forestry is 49.62 ton/ha, fixed carbon of 91.06 ton/ha and stored carbon of 24.81 ton/ha. In the silvopastoral system the total forest biomass that was determined is 100.25 ton/ha, fixed carbon of 183.97 ton/ha and stored carbon of 50.12 ton/ha.

Keywords: *Farms, biomass, carbon, forest, silvopastoral.*

I.INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos. Se reconoce que el calentamiento global es producto de una serie de acciones del hombre, dentro de las cuales se destaca a nivel Centroamericano la deforestación y cambio de uso del suelo, cuyas consecuencias han sido enormes por pérdidas en bienes materiales, biodiversidad y de la misma vida humana (Ramírez, Ordaz, Mora, Acosta y Cerna, 2010).

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades antropogénicas. Actualmente cerca de un 20% de las emisiones de CO₂ resultan de la eliminación y degradación de los ecosistemas forestales. La detención de la deforestación y la reversión a través de la reforestación y manejo sustentable, implica recapturar el CO₂, disminuir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y reducir el calentamiento global. Este calentamiento global no solo afecta a los países industrializados sino a todo el planeta debido a que un impacto ambiental no repercute en el sitio donde ocurrió sino que repercute en toda la atmósfera del planeta (Schlegel, 2001).

Las actividades humanas, tales como, el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, están generando grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) principalmente, siendo el CO₂ uno de los GEI más importantes por las grandes cantidades en las que se emite. La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos, a través de la fotosíntesis (Ordoñez y Masera, 2001).

Es por esta razón que los bosques como sistema natural complejo y sumideros de carbono, contribuyen a mitigar el cambio climático global al almacenar grandes cantidades de carbono en la vegetación y en el suelo, e intercambiar carbono con la atmósfera liberando oxígeno a través del proceso fotosintético y la respiración. No se deja de reconocer que en el caso de alteraciones en los bosques, los mismos se convierten en fuentes de carbono liberando CO₂ hacia la atmósfera (Gasparri y Manghi, 2004).

Los sistemas silvopastoriles, al incluir el componente arbóreo, pueden remover cantidades significativas de carbono de la atmósfera al incorporarlo a su biomasa, además de otros beneficios productivos y ambientales. Estos sistemas se pueden constituir como importantes sumideros de carbono en altas proporciones debido a que se concentra carbono en los diferentes componentes tanto de la especie arbórea como la pastura en asocio (Ordoñez, Muños, Ballesteros, Cabrera y Mosquera, 2007).

Estos estudios son importantes para Nicaragua, ya que actualmente el país posee el 32.87 % de su territorio con bosques protegidos bajo la categoría de parques nacionales; el bosque latifoliado está constituido por 1, 233,988 ha en bosque primario y 1, 353,199 ha de bosque secundario. Posee además aproximadamente 73,679 ha de plantaciones forestales, con diversas especies (Instituto Nacional Forestal [INAFOR], 2009).

En Nicaragua son pocos los estudios realizados para analizar el potencial fijador de carbono en el componente arbóreo en sistema bosque y sistemas silvopastoril. Los estudios de biomasa y carbono almacenado son importantes porque el país contara con información técnica para evaluar su balance de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

El objetivo de esta investigación es aportar información básica sobre la capacidad que tienen los sistemas bosques y silvopastoril en la fijación y almacenamiento de carbono presente en la biomasa aérea en sitios seleccionados del municipio de Mulukukú, Región Autónoma del Caribe Norte de Nicaragua, es importante resaltar que el presente estudio mediante los resultados obtenidos proporcionará información y servirá como guía para los productores de fincas para conservar y manejar sus áreas de bosque y sistemas silvopastoril, así como también será de gran utilidad para el proyecto de CONAGAN y la Universidad Nacional Agraria (UNA). Estos resultados de biomasa y carbono servirán de referencia para otros estudios en la región, o bien para estudios más locales, o más específicos y tomen como base esta información.

II.OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Establecer una línea base para el contenido de biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en el sistema bosque y silvopastoril en 7 fincas del Municipio de Mulukukú, RACN, Nicaragua.

2.2. Objetivos específicos

- 1 Determinar la relación entre composición de especies y biomasa forestal, carbono fijado y almacenado por sistema.
- 2 Cuantificar la biomasa forestal, carbono fijado y almacenado en el componente arbóreo presente en sistema bosque y silvopastoril, utilizando métodos no destructivos.
- 3 Analizar la importancia de los sistemas bosque y silvopastoriles a partir de los contenidos de carbono almacenado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación del área

El Municipio de Mulukukú, se sitúa al suroeste de Puerto Cabezas pertenece a la Región Autónoma del Caribe Norte (RACN), el municipio es nuevo debido a que fue fundado en el año 2005, se encuentra entre las coordenadas geográficas 13° 10' de Latitud Norte y 84°57' de Longitud Oeste. La extensión territorial es de 1904.53 km² y se encuentra a 284 km de la ciudad de Managua. Limita Al Norte: con el Municipio de Siuna. Al Sur: Con los municipios de Río Blanco y Paiwas, Al Este: Con los municipios de Prinzapolka y Cruz de Río Grande y al Oeste: Con el municipio de Waslala, (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2009) (figura 1).

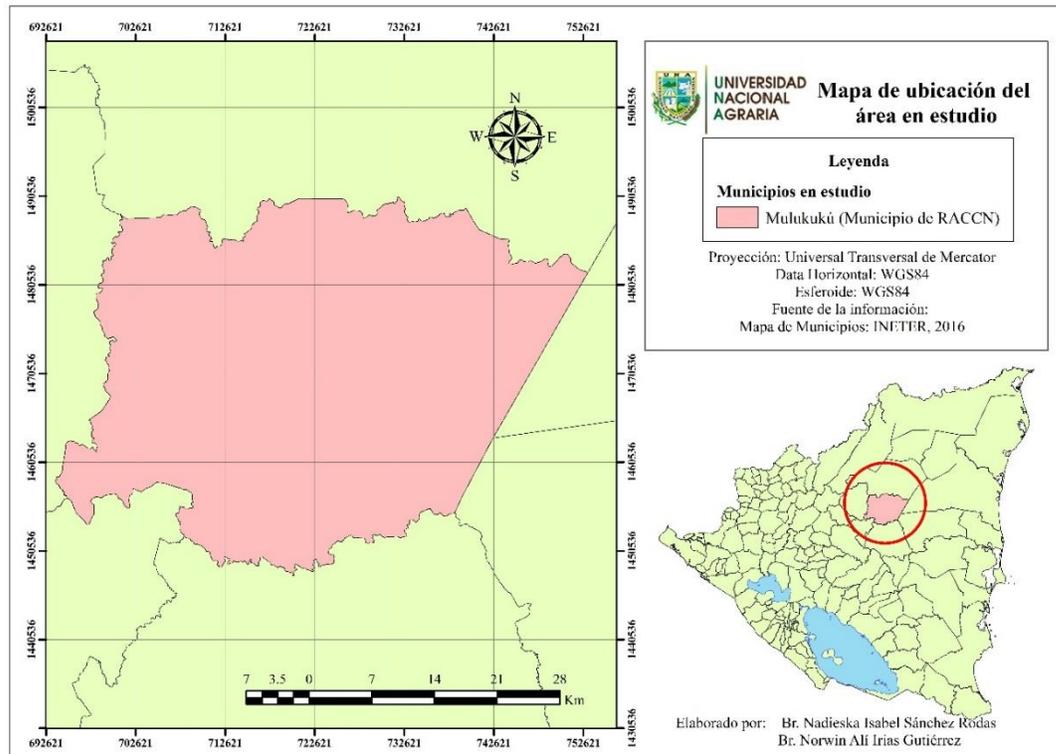


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del municipio de Mulukukú Región Autónoma del Caribe Norte, (RACN), 2018.

3.1.2. Características Biofísicas

Clima

El municipio se caracteriza por tener un clima Tropical Húmedo, cuenta con una estación lluviosa que dura aproximadamente de 9 a 10 meses al año. La temperatura media oscila entre los 20° y 26° grados Celsius. Las precipitaciones anuales varían entre los 2,400 y 2,800 mm/año (INETER, 2009).

Suelo

El territorio municipal se caracteriza por presentar terrenos bajos llanos y ondulados entrecortados por pequeñas colinas, no existen relieves de consideración (INETER, 2009).

3.2 Proceso metodológico

En la presente investigación se estudiaron sistema bosque y silvopastoril con el objetivo de cuantificar la biomasa aérea y carbono almacenado en el componente arbóreo mediante el método no destructivo de siete fincas seleccionadas del municipio de Mulukukú Región Autónoma del Caribe Norte (RACN).

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio se concibieron tres etapas metodológicas, las cuales fueron desarrolladas de manera secuencial. La primera consistió en la planificación del trabajo, reconocimiento y selección de fincas evaluadas. La segunda consistió en la recolección de datos de campo (diseño metodológico del inventario). La tercera contempló el procesamiento y análisis de datos, a continuación, se enumeran y detallan.

3.2.1. Etapa I: Planificación del estudio

Planificación

Esta primera etapa estuvo centrada principalmente para establecer acuerdos y definir aspectos técnicos y logísticos. Estos acuerdos fueron tomados *entre las partes CONAGAN-Productores - UNA*.

Reconocimiento y selección de fincas evaluadas

Para la selección de las áreas de estudio se estableció coordinación con la Universidad Nacional Agraria (UNA), Comisión Nacional Ganaderos de Nicaragua (CONAGAN) y productores dueños de las siete fincas seleccionadas de la localidad.

Las fincas evaluadas en el presente estudio fueron seleccionadas por el proyecto ganadería sostenible de Nicaragua (CONAGAN), una vez en el sitio para la visita de cada finca y levantamiento de información de campo, nos apoyamos por el técnico designado por CONAGAN - Carlos Hogson, el cual nos trasladaba a las fincas que se habían seleccionado y según sus conocimientos de la localidad nos informó que las siete fincas se encontraban dentro del municipio de Mulukuku, hacemos mención de esto porque al momento de incorporar los datos de georreferenciación de las parcelas y utilizar la cartografía para elaborar el mapa de ubicación y establecimiento de cada parcela, resulta que seis fincas están ubicadas en el municipio de Mulukuku y una finca (Regalo de Dios) se sitúa en la comunidad Guasayamba municipio de Paiwas, esta finca no se refleja en el mapa de Mulukuku por lo antes mencionado, pero si fue evaluada y valorada en los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Como resultados de la reunión en la visita se acordó:

1. Establecer parcelas de muestreo permanentes en áreas de bosque y sistemas silvopastoril.
2. En fustales se definió un diámetro normal ≥ 10 cm a los 1.30 metros a partir del tocón.
3. Identificar los árboles a nivel de especies y familias botánicas, presentes en el sistema bosque y silvopastoril de siete fincas seleccionadas.
4. Determinar biomasa forestal, carbono fijado y almacenado mediante el método no destructivo en el componente arbóreo en áreas de bosques y sistemas silvopastoril.

En el caso de las siete fincas evaluadas se tomó como criterio que estén, dentro del municipio y con accesibilidad, acuerdo técnico-productor, que los dueños de las fincas formen parte de la asociación y la presencia del sistema bosque y sistema silvopastoril. A pesar de los criterios, se

encontró que 5 fincas de las 7 no contaban con bosque, de tal manera que se recolectó información solo de dos fincas (La Ceiba y Regalo de Dios).

En el cuadro 1, se presenta el listado de las 7 fincas del municipio de Mulukukú (RACN) y sus propietarios, los cuales estaban de acuerdo en que se desarrollara este trabajo.

Cuadro 1. Fincas seleccionadas en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Nombre de fincas	Comunidad	Productores
La Ceiba	El tigre	Andrés Rivas López
Las Marías	Lisague	Feliciano Lira
Santa Emilia	Lisague	Rosa Emilia Lira Montenegro
Buena Vista	Lisague	Ramón Gutiérrez Zamora
Buenos Aires	Lisague	Sidar Noel Hurtado Alfaro
El Cacao	Lisague	Lucas Lira Montenegro
Regalo de Dios	Guasayamba	Wilfredo Zeledón

3.2.2. Etapa II: Proceso de levantamiento de información

Diseño del inventario por tipo de sistema

Se estableció un diseño de inventario en parcelas de muestreo permanente (PMP) por ser más eficientes y para realizar mediciones futuras, las cuales se establecieron en las fincas seleccionadas en sistemas bosques y silvopastoril. (figura 2).

Forma y tamaño de cada parcela

En el sistema bosque la parcela utilizada fue de forma cuadrada de 50*50 m² (0.25ha) dentro de esta parcela se midieron todos aquellos árboles que cumplían con el diámetro establecido ≥ 10 cm DAP. En áreas de sistemas Silvopastoril la parcela utilizada fue de forma rectangular de 10*25 m² (0.025 ha), donde se midieron todos aquellos árboles que cumplían con el diámetro ≥ 10 cm de DAP (figura, 2).

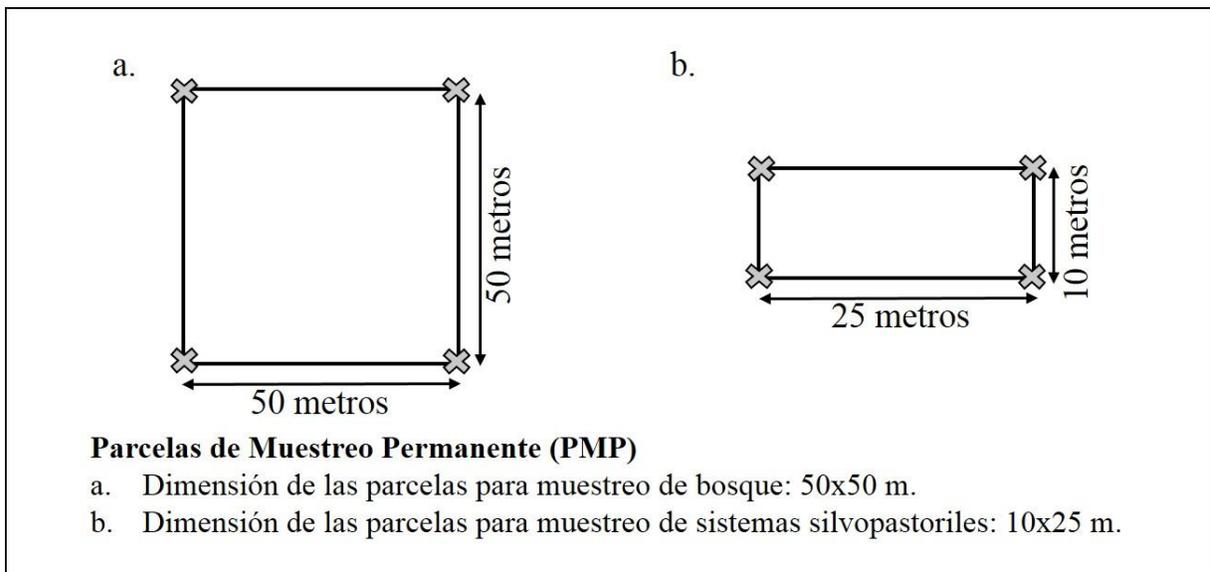


Figura 2. Diseño metodológico en parcelas de muestreo permanentes (PMP) en sistema bosque y silvopastoril en fincas seleccionadas del municipio de Mulukukú (RACN) 2018.

Establecimiento de parcelas

En el sistema bosque se establecieron 2 parcelas distanciadas 200 m en la finca La Ceiba y en la finca Regalo de Dios se estableció 1 parcela debido a que el bosque era pequeño.

Para el establecimiento de las parcelas de muestreo permanentes (PMP) se contó con el criterio de que en el área se encontrara cubierta de masa forestal no importando que esta fuera rala o densa (figura 3).

Se midieron las parcelas equivalentes a 0.25 ha, tomando como punto de partida de cada parcela un árbol de referencia, luego se procedió a marcar los puntos de cada parcela utilizando un primer azimut como punto A de 290° girado hacia el Nor-oeste, un punto B de 200° Sur-Oeste, punto C de 110° Sur-Este y un último punto D de 20° Nor-Este. Aplicando este método a las 3 parcelas que se establecieron en áreas de bosque.

En sistemas silvopastoril para cada finca se establecieron 2 parcelas de muestreo para un total de 14 parcelas en siete fincas dentro del municipio, se contó con el criterio de que en el área donde se establecieran las parcelas se encontraran árboles dispersos (figura 3).

Procediendo a marcar cada punto de la parcela utilizando como azimut punto A de 310⁰ girando hacia la izquierda Nor-Oeste, un segundo punto B de 40⁰ Nor- Este, punto C de 130⁰ Sur-Este y punto D de 220⁰ Sur-Oeste. Realizando este método a todas las parcelas establecidas en sistemas silvopastoriles.

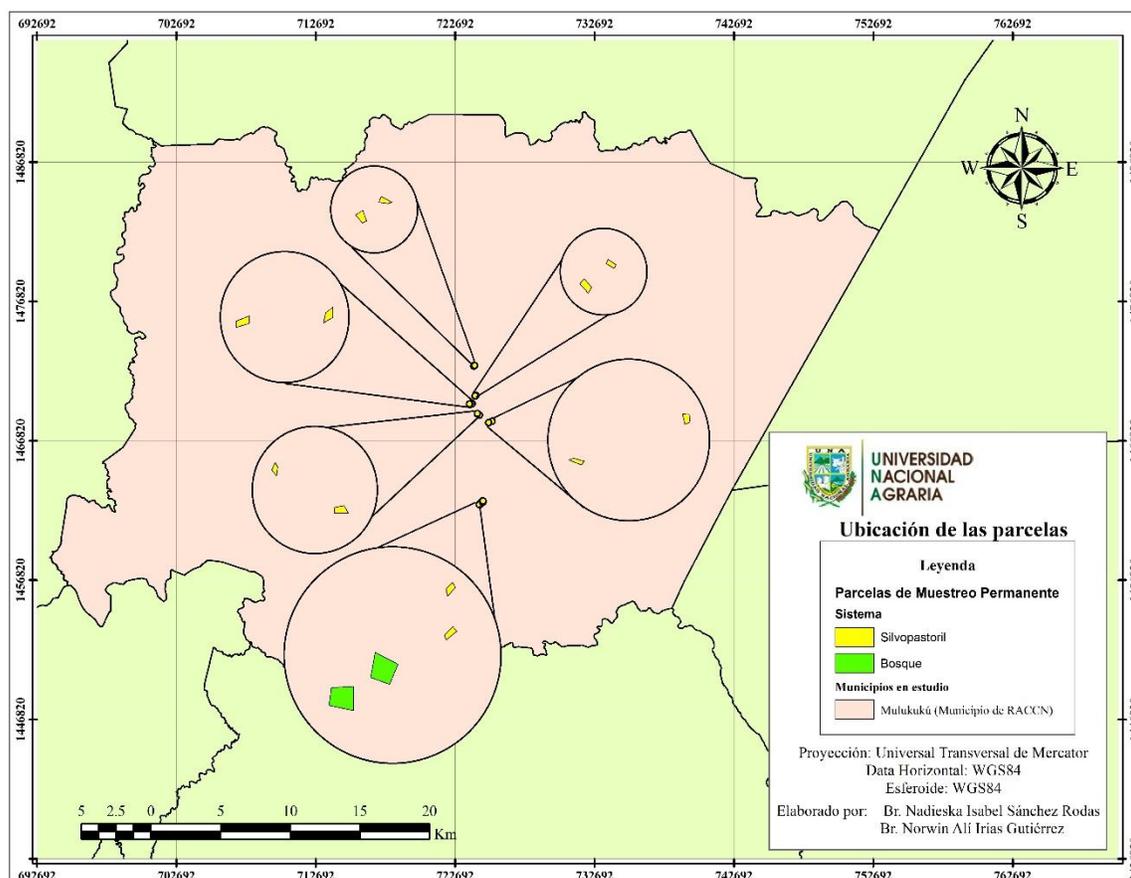


Figura 3. Mapa de ubicación de parcelas de muestreo permanente (PMP) establecidas en fincas seleccionadas del municipio de Mulukukú, (RACN), 2018.

Variables a evaluar

Especie

Para medir esta variable se registró el nombre común, nombre científico y familia botánica, para esto se contó con la ayuda de un baqueano de la comunidad conocedor de las especies de la zona y los conocimientos adquiridos en la universidad. Para las especies desconocidas se anotaron las características para comparar con las bibliografías de las especies del Arboretum Alain Meyrat y se recolectaron muestras botánicas para ser identificadas en el herbario por experto de la UNA.

Diámetro normal

El diámetro normal en conjunto con la altura fustal y 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, Peters, Cox y Real, 1997).

Esta variable se midió en todos los individuos dentro la parcela de 50 por 50 m del sistema bosque y en las parcelas de 10 por 25 m en el sistema silvopastoril, que cumplían con el diámetro mínimo inventariable a partir de 10 cm de diámetro normal.

Altura de fuste

Es una variable necesaria para estimar el volumen, se refiere a la medición 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 a lo largo del eje del árbol comprendido entre el nivel del suelo y su ápice o la extremidad superior de la copa y se expresa en metros (Aldana, 2008). Para la medición de esta variable se utilizó el clinómetro suunto y cinta métrica para tomar la distancia correspondiente según fuese la altura de cada árbol, esta operación se realizó a todos los individuos dentro de la parcela (50*50 m) excluyendo aquellos individuos que presentaron una nula visibilidad de sus ápices más altos sobre los cuales no era posible hacer una medición directa, por lo que se estimó visualmente. (Romahn, 1987 citado por Umanzor, 2016), refiere que con práctica pueden hacerse al ojo estimaciones fiables de altura, pudiendo con esto agilizar el proceso.

3.2.3. Etapa III. Digitalización y procesamiento de datos

En esta etapa se ordenaron y procesaron los datos en tablas de Excel por finca y se realizaron los cálculos correspondientes al área basal, volumen fustal y total, biomasa forestal, carbono fijado y almacenado. Para estos cálculos se realizaron ecuaciones establecida por (Ugalde, 1981)

Cálculos utilizando las variables dasométricas

a) Distribución diamétrica

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

$$N^{\circ} \text{ CD} = (\text{D}_M - \text{D}_m) / \text{A}_C$$

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)

b) Cálculo del área basal

Para calcular el área basal, según (Ugalde, 1981), se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{AB (m}^2\text{)} = \pi / 4 * \text{D}^2$$

Dónde:

AB: Área basal (m²)

$\pi / 4$: constante 0.7854

DN: Diámetro normal medido a los 1.30 m sobre la superficie del suelo.

c) Cálculo del volumen

Para calcular el de Volumen (m³), según (Ugalde, 1981), se puede determinar de la siguiente manera:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = \text{AB} * \text{Ht} * \text{Ff}$$

Dónde:

Vol. volumen (m³)

AB: área basal calculada en m²

Ht: Altura total en (m)

Ff: Factor de forma 0.5 para especies de bosque latifoliados (Mejía, 2013).

Determinación de biomasa forestal, carbono almacenado y carbono fijado

Para realizar este estudio solo se consideró la biomasa aérea arriba del suelo (árboles en pie) o volumen existente. Se trabajó con el método no destructivo debido a que este genera menos daño e impacto sobre el ecosistema.

Para determinar la biomasa forestal 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 (g/cm^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.

El carbono almacenado se calculó a partir de la biomasa forestal y se aplicó una constante de fracción de carbono de 0.5 asumiendo que el 50% del peso de los individuos es carbono (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC], 2006). Para determinar el carbono fijado (CO_2), se multiplicó el carbono almacenado (C) por una constante de 3.67, este valor sale directamente del peso atómico del CO_2 . (relación carbono-oxígeno). (Una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de CO_2). El programa usado para realizar los cálculos fue Microsoft Excel 2010.

Para calcular la biomasa forestal (ton), según (Brown, 1997), se puede determinar con la siguiente fórmula:

a) Cálculo de la biomasa forestal

$$Bf = V * GE * FEBa$$

Dónde:

Bf: Biomasa forestal (ton)

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).

Conversión de gr/cm^3 a kg/m^3

$$\frac{0.5 \text{ gr}}{cm^3} \quad \text{—————} \quad \frac{kg}{m^3}$$

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$$

$$\frac{0.5 \cancel{gr}}{\cancel{cm^3}} \cdot \frac{1 kg}{1000 \cancel{gr}} \cdot \frac{1\,000\,000 \cancel{cm^3}}{1 m^3}$$

$$\frac{0.5 \cdot 1 kg \cdot 1\,000\,000}{1\,000 \cdot 1 m^3} = \frac{500\,000 kg}{1\,000 m^3} = 500 kg/m^3$$

$$1 m = 100 cm$$

$$1 m^3 = 1,000,000 cm^3$$

b) Cálculo del carbono almacenado

Para calcular el carbono almacenado (ton), según (Rügnitz, Chacon y Porro, 2009), se puede determinar con la siguiente formula:

$$C = Bf \cdot Fc$$

Dónde:

C: Carbono almacenado (ton)

Bf: Biomasa forestal (ton)

Fc: Factor de carbono (0.5) (Jenkins, Ginzo, Ogle y Verchot 2006)

c) Cálculo del dióxido de carbono fijado (CO₂)

Para calcular el carbono fijado (ton), según (Rügnitz, et al 2009), se puede determinar con la siguiente formula:

$$CO_2 = C \cdot 3.67$$

Dónde

CO₂: Carbono fijado (ton)

C: Carbono almacenado calculado en (ton)

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).

d) Instrumentos utilizados

Para el levantamiento de la información son: El GPS para la medición de las coordenadas durante la delimitación de las parcelas.

- La cinta métrica de 50 m. de longitud para la medición de distancias horizontales.
- El clinómetro Suunto se utilizó para la medición de altura total de los árboles.
- La brújula que se utilizó para establecer los límites de las parcelas.
- La cinta biodegradable se usó para marcar los puntos señalados con estacas de madera.
- El machete se utilizó para abrir carriles y corte de estacas.
- El formato de registro de la información de las variables.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Sistema bosque

4.1.1. Composición florística

En el cuadro 2 se puede observar que en la finca La Ceiba se encontraron 27 especies arbóreas, 18 familias botánicas y 26 géneros en una muestra de 155 árboles, en tanto que en la finca Regalo de Dios se encontraron 13 especies, 10 familias con 12 género en una muestra de 83 árboles (cuadro 2).

Cuadro 2. Número de especies, familias botánicas, géneros y árboles encontrados en la Finca La Ceiba y Regalo de Dios en sistema bosque en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Finca	Área efectiva de muestreo	Nº Especies	Nº Familias	Nº Géneros	Nº Árboles
La Ceiba	0.5 ha	27	18	26	155
Regalo de Dios	0.25 ha	13	10	12	83

Según el número de árboles, en la finca La Ceiba sobresalen las especies: Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con el 38%, capirote (*Miconia dodecandra*), guácimo de molenillo (*Luehea candida*), quita calzón (*Astronium graveolens*) y manga larga blanco (*Xylopia frutescens*) con el 6% para cada especie (anexo 1).

En La Ceiba según el número de especies arbóreas sobresalen las familias Anacardiaceae 15%, Mimosaceae y Malvaceae con el 11%, Burseraceae y Boraginaceae 7 % respectivamente (anexo2).

Las familias botánicas, Melastomataceae, Caesalpinaceae, Meliaceae, Combretaceae, Annonaceae, Bignonaceae, Vochysiaceae, Lauraceae, Urticaceae, Moraceae, Sapindaceae, Malpighiaceae y Polygonaceae presentaron una especie del total respectivamente (cuadro 3).

Cuadro 3. Especies arbóreas y familias botánicas encontradas en la finca La Ceiba ubicada en el municipio de Mulukukú, Siuna, RACN, 2018.

Familia	Género	Nombre científico	Nombre común
Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia dodecandra</i> Cogn. In Mart.	Capirote
Caesalpinaceae	Cassia	<i>Cassia grandis</i> L. F.	Carao
Meliaceae	Cedrela	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro real
Anacardiaceae	Mosquitoxylum	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i> Krug & Urb.	Frijolillo
	Spondias	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo
	Astronium	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Quita calzón
	Anacardium	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels	Espavel
Malvaceae	Luehea	<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	Guácimo de molenillo
	Guazuma	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo de ternero
	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	Ceiba
Combretaceae	<i>Terminalia</i>	<i>Terminalia oblonga</i> (R. y P.) Steud.	Guayabón
Bursaceae	Bursera	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Indio desnudo
	Tetragastris	<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Kerosen
Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Laurel macho
		<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Laurel hembra
Annonaceae	Xylopia	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Manga larga blanco
Bigonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
Vochysiaceae	Vochysia	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Zopilote
Lauraceae	Persea	<i>Persea caerulea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Aguacate de montaña
Urticaceae	Cecropia	<i>Cecropia peltata</i> L.	Guarumo
Moraceae	Ficus	<i>Ficus tonduzii</i> Standl.	Chilamate
Sapindaceae	Cupania	<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	Cola de pava
Mimosaceae	Albizia	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Gavilán
	Inga	<i>Inga vera</i> Willd.	Guabillo
	Lysiloma	<i>Lysiloma auritum</i> (Schltdl.) Benth.	Quebracho
Malpighiaceae	Byrsonima	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Nancite de montaña
Polygonaceae	Triplaris	<i>Triplaris melaenodendron</i> (Bertol.) Standl.	Tabacón

En la finca Regalo de Dios, las especies más representativas según el número de árboles son: Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 26%, seguido del Chilamate (*Ficus tonduzii*) con 12% y finalmente aguacate de montaña (*Persea caerulea*) y Cola de pava (*Cuponia cinarea*) con el 10% para cada especie (anexo 3).

Las especies Espavel (*Anacardium excelsum*) y Lagarto (*Zanthoxylum belicense*) solo presentaron un individuo.

Las familias botánicas que sobresalen son: Euphorbiaceae Anacardiaceae y Boraginaceae con un porcentaje del 45% del total de especies encontrado (anexo 4).

Las familias botánicas; Lauraceae, Moraceae, Sapindaceae, Rutaceae, Vochysiaceae, Bignonaceae y Rubiaceae estas se encuentran representadas por una especie respectivamente (cuadro 4).

De las siete familias más importantes encontradas en nuestro estudio en el sistema bosque Malvaceae y Euphorbiaceae coincide con las encontradas por (Padilla, Kandler y Guadamuz 2017), en estudio de estructura y composición florística del bosque húmedo tropical en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN), donde las principales familias son: Moraceae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Combretaceae, Bignonaceae y Euphorbiaceae.

Así mismo Burseraceae y Mimosaceae, coinciden en estudio similar realizado por Macario, (2014), Estructura, diversidad florística y estimación de carbono almacenado en tres bosques del municipio El Castillo, Río San Juan, Nicaragua, en donde las principales familias fueron: Moraceae, Rubiaceae, Fabaceae, Sapotaceae, Annonaceae, Burseraceae, Combretaceae, Lauraceae, Meliaceae, Vochysiaceae, Mimosaceae.

Cuadro 4. Especies arbóreas y familias botánicas encontradas en las finca Regalo de Dios ubicada en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Familia	Género	Nombre científico	Nombre común
Lauraceae	Persea	<i>Persea coerulea</i> (Ruiz y Pav) Mez.	Aguacate de montaña
Moraceae	Ficus	<i>Ficus tonduzii</i> (H.B.K.)	Chilamate
Euphorbiaceae	Pera	<i>Pera arbórea</i> (L.) Sarg.	Chinche
	Hyeronima	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allem	Nancitón
Sapindaceae	Cuponia	<i>Cuponia cinarea</i> (Poepp. y Endl)	Cola de pava
Anacardiaceae	Anacardium	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero y balb.ex kunth) Skeels.	Espavel
	Spondias	<i>Spondias mombin</i> (L.)	Jobo
Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum belizense</i> (Lundell.)	Lagarto
Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Laurel hembra
		<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pavón) Oken.	Laurel macho
Vochysiaceae	Vochysia	<i>Vochysia hondurensis</i> (Sprague)	Palo de agua
Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
Rubiaceae	Morinda	<i>Morinda panamensis</i> (Seem)	Yema de huevo

4.1.2. Número de árboles, área basal y volumen por hectárea encontrado en el sistema bosque

a) Finca La Ceiba

En el cuadro 5, se puede observar el número de árboles, área basal y volumen total por hectárea para la finca La Ceiba, obteniendo 10.97 y 13.35 m²/ha, 364 y 256 árboles por hectárea y volumen de 79.59 y 162.72 m³/ha.

En estudio realizado en Bonanza en bosque secundario por Hernández y Pérez (2011), para árboles de 10 cm a más encontraron 483 árboles por hectárea y volumen de 62.64 m³/ha, observando que existe alguna similitud en el comportamiento, sin embargo, en el caso del volumen se puede indicar que el mayor volumen en Mulukukú se debe a que los diámetro y altura de los árboles pueden ser mayor.

b) Finca Regalo de Dios

En la finca Regalo de Dios se encontró que el número de árboles total por hectárea fue de 332 árboles/ha, 9.84 m²/ha y 82.71 m³ por hectárea respectivamente (cuadro 5). Estos valores presentan alguna similitud con la finca La Ceiba del mismo municipio.

El volumen por hectárea encontrado en el sistema bosque se considera productivo económicamente, ya que los valores obtenidos se asemejan a los valores promedios establecidos por FAO (2005), de 112.9 m³/ha en bosques latifoliados en Nicaragua. El potencial de volumen de madera que se determinó se encuentra en árboles jóvenes en estado de desarrollo y por lo tanto no se pueden aprovechar hasta que estos alcancen su desarrollo óptimo o cumplan con el diámetro mínimo de corta.

Cuadro 5. Número de árboles, área Basal y volumen total por hectárea en 3 parcelas de bosque en la finca La Ceiba y Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna (RACN) 2018.

Fincas	NAR/ha (arb/ha)	AB/ha (m²/ha)	V/ha (m³/ha)
La Ceiba	364	10.97	79.59
La Ceiba	256	13.35	162.72
Regalo de Dios	332	9.84	82.71

En el cuadro 6, se observa que en la finca La Ceiba la especie roble macuelizo (*Tabebuia rosea*), debido a la alta densidad de árboles que presentó obtuvo los mayores resultados en área basal, volumen y árboles por hectárea con 3.12 m²/ha, 22.15 m³/ha y 118 arb/ha, respectivamente, seguido de la especie carao (*Cassia grandis*) con 1.86 m²/ha, 16.88 m³/ha y 16 arb/ha, respectivamente. La especie nancite de montaña (*Byrsonima crassifolia*) con menor densidad de árboles presentó los valores más bajos con 0.02 m²/ha, 0.19 m³/ha y 2 arb/ha. El total encontrado para todas las especie fue de 12.16 m²/ha, 121.15 m³/ha y 310 arb/ha.

Las especies con menor número de individuos pueden ser consideradas un atributo muy importante de preservación donde las especies deben de ser estudiadas para formar una base de conocimientos que permita conservarlas y restaurarlas por medio de la regeneración natural.

Cuadro 6. Área basal, Volumen y Número de árboles por especies en hectáreas encontrado en la fina La Ceiba, municipio de Mulukukú (RACN) 2018.

Especie	AB/ha	Volumen/ha	NAR/ha
Roble macuelizo	3.12	22.15	118
Carao	1.86	16.88	16
Aguacate de montaña	1.01	15.14	12
Ceiba	0.99	15.52	6
Guácimo de molenillo	0.73	6.47	18
Capirote	0.52	4.42	18
Manga larga blanco	0.52	4.59	18
Cedro Real	0.47	7.05	12
Jobo	0.42	3.34	12
Espavel	0.33	3.25	10
Quita calzón	0.32	2.26	18
Quebracho	0.28	3.65	4
Gavilán	0.25	4.64	2
Laurel macho	0.22	1.62	8
Cola de pava	0.20	2.25	10
Laurel hembra	0.14	1.27	2
Chilamate	0.11	1.78	2
Indio desnudo	0.10	0.90	2
Kerosen	0.09	0.95	4
Frijolillo	0.07	0.54	2
Guarumo	0.07	0.43	2
Zopilote	0.06	0.57	4
Tabacón	0.06	0.53	2
Guabillo	0.03	0.31	2
Guácimo de ternero	0.03	0.15	2

Guayabón	0.02	0.17	2
Nancite de montaña	0.02	0.19	2
Total	12.16	121.15	310

En la finca Regalo de Dios la especie chinche (*Zanthoxylum fagara*) con mayores dimensiones en diámetro y altura presenta mayor área basal y volumen por hectáreas con 2.12 m²/ha, 26.07 m³/ha y 24 arb/ha, seguido de la especie, roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 2.01 m²/ha, 13.84 m³/ha y 88 arb/ha, la especie que presentó valores más bajo fue el espavel (*Anacardium excelsum*) con 0.04 m²/ha, 0.16 m³/ha y 4 arb/ha. El total encontrado para todas las especie fue de 9.84 m²/ha, 82.71 m³/ha y 332 arb/ha (cuadro 7).

Cuadro 7. Área basal, volumen y número de árboles por especies en hectáreas encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú (RACN) 2018.

Especie	AB/ha	Vol/ha	NAR/ha
Chinche	2.12	26.07	24
Roble macuelizo	2.01	13.84	88
Nancitón	1.24	13.88	20
Aguacate de montaña	1.01	7.07	32
Chilamate	0.83	4.39	40
Laurel hembra	0.63	6.30	12
Yema de huevo	0.62	4.70	28
Cola de pava	0.39	2.16	32
Jobo	0.30	1.36	20
Palo de agua	0.27	1.45	12
Laurel macho	0.24	0.98	16
Lagarto	0.06	0.27	4
Espavel	0.04	0.16	4
Total	9.84	82.71	332

4.1.3. Distribuciones diamétricas en árboles ≥ 10 cm en el sistema bosque

La figura 4, muestra resultados por clases diamétricas del bosque en la finca La Ceiba donde se encontraron 310 arb/ha, la mayor cantidad de árboles se encuentra en la clase de 10 - 19.99 cm con 190 arb/ha lo que representa el 61% y a partir de esta clase diamétrica sigue la tendencia del crecimiento natural de un bosque latifoliado siguiendo la “J” invertida o curva de Liocourt. A pesar de que sigue la “J” invertida ciertas áreas del bosque están siendo intervenidas por efectos antropogénicos ya que a medida que los árboles están próximos a alcanzar su estado de desarrollo óptimo están siendo cortados o aprovechados, indicando que a medida que aumenta

el diámetro disminuye el número de árboles y estos no están alcanzando su estado de desarrollo de madurez.

Según (FAO, 2010) para bosques latifoliados en Nicaragua que van de 300 a 1500 árboles/ha de regeneración natural los considera con densidad rala (baja densidad).

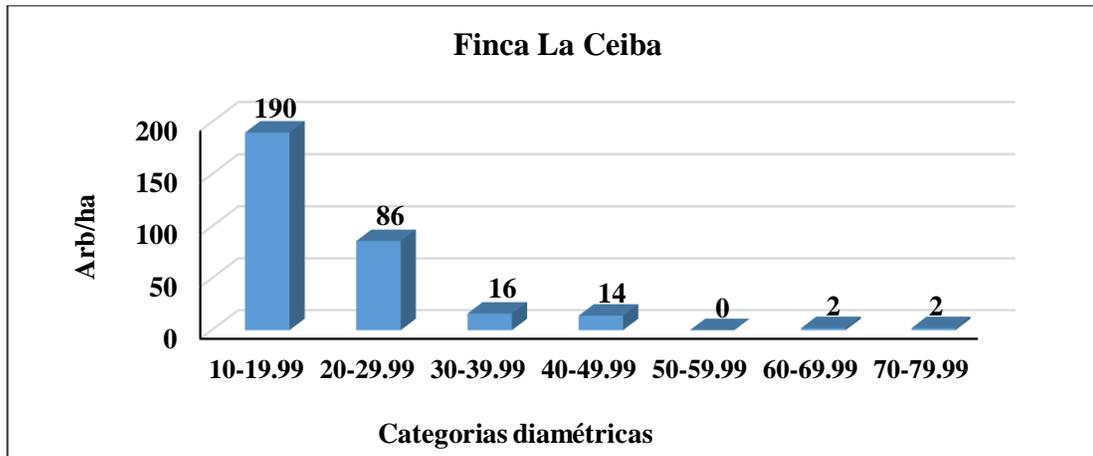


Figura 4. Número de individuos por clases diamétricas en sistemas de bosque encontrados en la finca La Ceiba del municipio de Mulukukú (RACN) 2018.

La figura 5, muestra resultados por clases diamétricas del bosque en la finca Regalo de Dios donde se registraron 332 arb/ha. La mayor cantidad de árboles se encuentra en la clase de 10-19.99 cm con 256 arb/ha lo que representa el 77% y la clase de 20-29.99 cm 48 arb/ha con el 15%, siendo estas las más representativas en comparación al resto de categorías, las demás clases representan el 8%. Indicando que los árboles con diámetros de 10-19.99 cm en estado de desarrollo ameritan tratamientos silviculturales para favorecer su crecimiento volumétrico, los de 20- 29.99 cm, están próximos a alcanzar su estado óptimo de madurez, mientras que el resto de clases diamétricas, los árboles están siendo intervenidos y no se están conservando ya que no tienen manejo silvicultural.

También se puede considerar como un bosque ralo, porque presenta la densidad arbórea similar a la de la fina La Ceiba del mismo estudio.

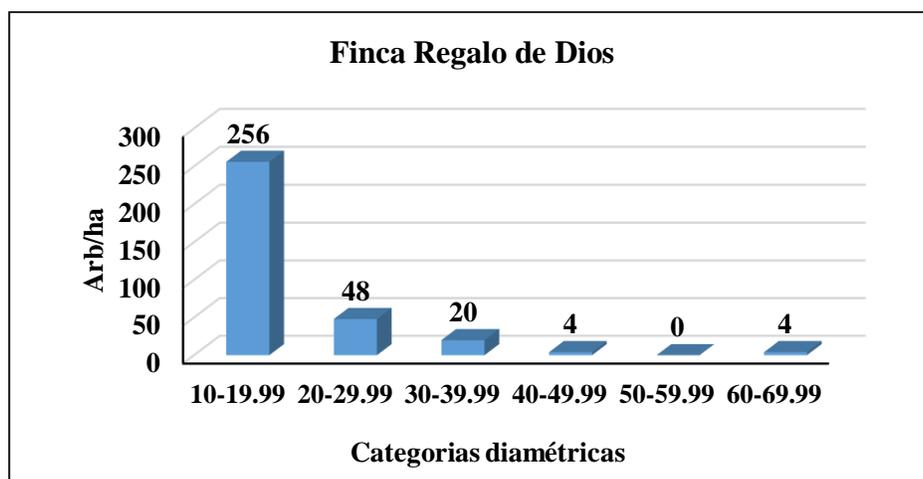


Figura 5. Número de individuos por clases diamétricas en sistemas de bosque encontrados en la finca Regalo de Dios del municipio de Mulukukú (RACN) 2018.

En la figura 6, se muestra el nivel de fijación de carbono por hectárea por categoría diamétrica en el sistema bosque. La mayor cantidad de carbono fijado CO_2 se encuentra en el arbolado de 20-29.99 cm con 32.5 ton/ha, seguido de la categoría de 10-19.99 cm con 24.29 ton/ha, con una disminución en las categorías superiores, esta condición en cuanto a fijación y almacenamiento de carbono en el bosque estudiado se debe principalmente a la densidad de árboles presente en estas categorías diamétricas, relacionado con las dimensiones en diámetro y la altura presente en el arbolado. La cantidad de carbono fijado y almacenado en los bosques varía en función de la composición florística y el estado de desarrollo del mismo.

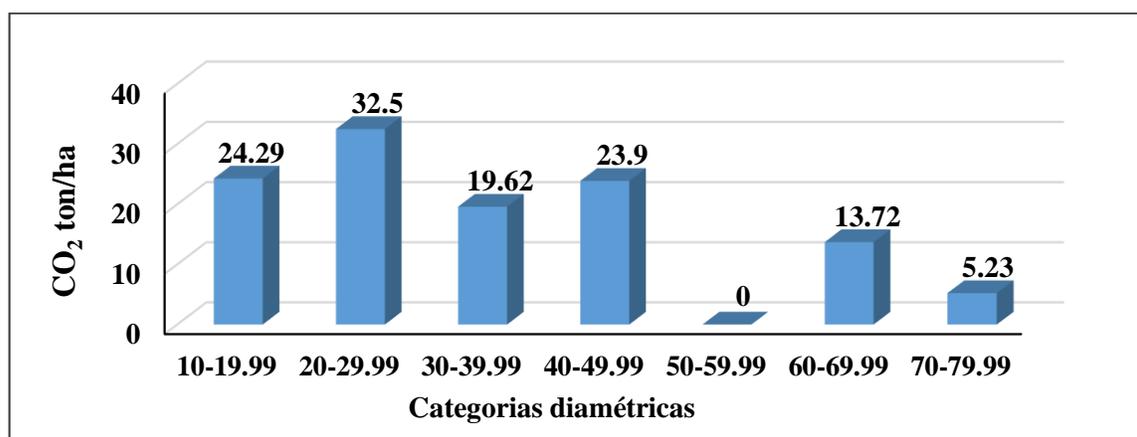


Figura 6. Fijación de dióxido de carbono (CO_2) por hectárea por clase diamétrica en el sistema bosque en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

4.1.4. Comportamiento de la Biomasa forestal total por especie y por hectárea encontrada en la finca La Ceiba

En la finca La Ceiba el mayor valor de biomasa forestal por especie y por hectárea lo presenta el roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 6.64 ton y 13.29 ton/ha, seguido de la especie carao (*Casia grandis*) con 5.06 ton y 10.13 ton/ha, y finalmente la ceiba (*Ceiba pentandra*) con 4.65 ton y 9.31 ton/ha, encontrando un total de biomasa forestal para todas las especies de 36.34 ton y 72.69 ton/ha. (cuadro 8) y (anexo 5). Se observó que la mayor concentración de biomasa forestal se dio en esta finca por ser la que mayor cobertura de bosque posee, debido a que las especies presentaron mayor densidad de árboles y mayores dimensiones en diámetro y altura.

Cuadro 8. Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, RACN, 2018.

Especie	Biomasa ton/esp	Biomasa ton/ha
Roble macuelizo	6,64	13,29
Carao	5,06	10,13
Ceiba	4,65	9,31
Aguacate de montaña	4,54	9,08
Cedro real	2,11	4,23
Guácimo de molenillo	1,94	3,88
Gavilán	1,39	2,78
Manga larga blanco	1,37	2,75
Capirote	1,32	2,65
Quebracho	1,09	2,19
Jobo	1,004	2,008
Espavel	0,97	1,95
Quita calzón	0,67	1,35
Cola de pava	0,67	1,35
Chilamate	0,53	1,06
Laurel macho	0,48	0,97
Laurel hembra	0,38	0,76
Kerosen	0,28	0,57
Indio desnudo	0,27	0,54
Zopilote	0,17	0,34
Frijolillo	0,16	0,32
Tabacón	0,16	0,32
Guarumo	0,13	0,26
Guabillo	0,09	0,19
Nancite de montaña	0,05	0,11
Guayabón	0,05	0,10
Guácimo de ternero	0,04	0,09
Total	36,34	72,69

4.1.5. Análisis de la fijación de dióxido de carbono total (CO₂) encontrado en la finca La Ceiba

Las especies que presentan mayor fijación de dióxido de carbono (CO₂) son: Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 12.19 ton y 24.39 ton/ha, en segundo lugar, la especie carao (*Casia grandis*) con 9.29 ton y 18.59 ton/ha, en tercero la ceiba (*Ceiba pentandra*) con 8.54 ton y 17.07 ton/ha, registrando un total de carbono fijado para todas las especies de 66.69 ton y 133.39 ton/ha. (cuadro 9) y (anexo 6). Se puede notar que la finca La Ceiba es la que más está aportando a la fijación de carbono (CO₂), debido a que su composición de especies arbóreas presentan más carbono almacenado en su biomasa acumulada en árboles con mayores dimensiones en diámetro, en comparación a la composición florística de la finca Regalo de Dios del mismo estudio.

Cuadro 9. Dióxido de carbono fijado CO₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca La Ceiba, en el municipio de Mulukukú, Siuna, RACN, 2018.

Especie	CO ₂ ton/esp	CO ₂ ton/ha
Roble macuelizo	12,19	24,39
Carao	9,29	18,59
Ceiba	8,54	17,09
Aguacate de montaña	8,33	16,67
Cedro real	3,88	7,77
Guácimo de molenillo	3,56	7,12
Gavilán	2,55	5,11
Manga larga blanco	2,52	5,05
Capirote	2,43	4,86
Quebracho	2,01	4,02
Jobo	1,84	3,68
Espavel	1,79	3,58
Quita calzón	1,24	2,49
Cola de pava	1,23	2,47
Chilamate	0,98	1,96
Laurel macho	0,89	1,79
Laurel hembra	0,70	1,40
Kerosen	0,52	1,04
Indio desnudo	0,49	0,99
Zopilote	0,31	0,63
Frijolillo	0,29	0,59
Tabacón	0,29	0,58
Guarumo	0,23	0,47
Guabillo	0,17	0,35
Nancite de montaña	0,10	0,21

Guayabón	0,09	0,19
Guácimo de ternero	0,08	0,16
Total	66,69	133,39

4.1.6. Carbono almacenado en la finca La Ceiba

Las especies que presentan más alta cantidad de carbono almacenado son: Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 3.32 ton y 6.64 ton/ha, seguido de la especie carao (*Casia grandis*) con 2.53 ton y 5.06 ton/ha, en tercer lugar la ceiba (*Ceiba pentandra*) con 2.32 ton y 4.65 ton/ha, encontrando un total de carbono almacenado para todas las especies de 18.17 ton y 36.34 ton/ha. (cuadro 10) y (anexo 7). Se observó que en la finca La Ceiba el carbono almacenado en relación a la composición florística presento mayores resultados debido a que se encontró mayor riqueza de especies, y mayor densidad de árboles.

Cuadro 10. Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca La Ceiba, en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	C ton/esp	C ton/ha
Roble macuelizo	3,32	6,64
Carao	2,53	5,06
Ceiba	2,32	4,65
Aguacate de montaña	2,27	4,54
Cedro real	1,05	2,11
Guácimo de molenillo	0,97	1,94
Gavilán	0,69	1,39
Manga larga blanco	0,68	1,37
Capirote	0,66	1,32
Quebracho	0,54	1,09
Jobo	0,50	1,00
Espavel	0,48	0,97
Quita calzón	0,34	0,67
Cola de pava	0,33	0,67
Chilamate	0,26	0,53
Laurel macho	0,24	0,48
Laurel hembra	0,19	0,38
Kerosen	0,14	0,28
Indio desnudo	0,13	0,27
Zopilote	0,08	0,17
Frijolillo	0,08	0,16
Tabacón	0,08	0,16
Guarumo	0,06	0,13
Guabillo	0,04	0,09
Nancite de montaña	0,02	0,05

Guayabón	0,02	0,05
Guácimo de ternero	0,02	0,04
Total	18,17	36,34

4.1.7. Comportamiento de la biomasa forestal total por especie y por hectárea encontrada en la finca Regalo de Dios

En la finca Regalo de Dios el mayor valor de biomasa forestal por especie y por hectárea lo presenta el chinche (*Zanthoxylum fagara*) con 3.91 ton y 15.64 ton/ha, en segundo lugar la especie nancitón (*Hyeronima alchorneoides*) con 2.08 ton y 8.32 ton/ha y en tercero el roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 2.07 ton y 8.30 ton/ha, registrando un total de biomasa forestal para todas las especies de 12.40 ton y 49.62 ton/ha. (cuadro 11) y (anexo 8). Se pudo notar que esta finca presento una cobertura de bosque ralo y las especies presentaron menores dimensiones en diámetro y altura y por lo tanto el contenido de biomasa fue bajo en comparación a la finca La Ceiba del mismo estudio.

Cuadro 11. Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en el sistema bosque en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	Biomasa ton/esp	Biomasa ton/ha
Chinche	3.91	15.64
Nancitón	2.08	8.32
Roble macuelizo	2.07	8.30
Aguacate de montaña	1.06	4.24
Laurel hembra	0.94	3.78
Yema de huevo	0.70	2.82
Chilamate	0.65	2.63
Cola de pava	0.32	1.30
Palo de agua	0.21	0.87
Jobo	0.20	0.82
Laurel macho	0.14	0.59
Lagarto	0.04	0.16
Espavel	0.02	0.09
Total	12.40	49.62

4.1.8 Análisis de la fijación de dióxido de carbono total (CO₂) encontrado en la finca Regalo de Dios

La especie con mayor fijación de dióxido de carbono es: Chinche (*Zanthoxylum fagara*) con 7.17 ton y 28.71 ton/ha, seguido de la especie nancitón (*Hyeronima alchorneoides*) con 3.82 ton y 15.28 ton/ha, y finalmente roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 3.81 ton y 15.24 ton/ha. El

total de carbono fijado para todas las especies es de 22.76 ton y 91.06 ton/ha. (cuadro 12) y (anexo 9). Se notó que la finca Regalo de Dios aportó en menor cantidad a la fijación de carbono en comparación a la finca La Ceiba del mismo estudio, debido a las pocas especies encontradas en este sitio y a los bajos contenidos de carbono en la biomasa de árboles que en su mayoría se encontraron en diámetros menores.

Cuadro 12. Dióxido de carbono fijado CO₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	CO₂ ton/esp	CO₂ ton/ha
Chinche	7.17	28.71
Nancitón	3.82	15.28
Roble macuelizo	3.81	15.24
Aguacate de montaña	1.94	7.79
Laurel hembra	1.73	6.94
Yema de huevo	1.29	5.18
Chilamate	1.20	4.83
Cola de pava	0.59	2.38
Palo de agua	0.40	1.60
Jobo	0.37	1.50
Laurel macho	0.27	1.08
Lagarto	0.07	0.29
Espavel	0.04	0.18
Total	22.76	91.06

4.1.9 Carbono almacenado en la finca Regalo de Dios

La especie que presenta la mayor cantidad de carbono almacenado es: Chinche (*Zanthoxylum fagara*) con 1.95 ton y 7.82 ton/ha, seguido del nancitón (*Hyeronima alchorneoides*) con 1.04 ton y 4.16 ton/ha y en tercer lugar el roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 1.03 ton y 4.15 ton/ha. Se registró un total de carbono almacenado para todas las especies de 6.20 ton y 24.81 ton/ha. (cuadro 13) y (anexo 10). El carbono almacenado en la finca Regalo de Dios fue menor, debido que la composición florística presentó menor riqueza de especies, y la mayor parte de la biomasa se encontró en árboles con diámetros menores.

Las especie que presentó mayor cantidad de biomasa forestal por hectárea es el chinche (*Zanthoxylum fagara*) presente en la finca Regalo de Dios con 21.90 ton/ha, al igual también presentó mayor cantidad de carbono fijado y almacenado con 40.19 ton/ha y 10.95 ton/ha, a

pesar que esta especie chinche (*Zanthoxylum fagara*) presento baja densidad de árboles/ha, las altas dimensiones en diámetro y altura influyeron a que la especie obtuviera los mayores resultados en comparación al resto de especies.

Cuadro 13. Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en la finca Regalo de Dios, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	C ton/esp	C ton/ha
Chinche	1.95	7.82
Nancitón	1.04	4.16
Roble macuelizo	1.03	4.15
Aguacate de montaña	0.53	2.12
Laurel hembra	0.47	1.89
Yema de huevo	0.35	1.41
Chilamate	0.32	1.31
Cola de pava	0.16	0.65
Palo de agua	0.10	0.43
Jobo	0.10	0.41
Laurel macho	0.07	0.29
Lagarto	0.02	0.08
Espavel	0.01	0.04
Total	6.20	24.81

4.2. Sistemas silvopastoriles

4.2.1. Composición florística

En el cuadro 14, se puede apreciar el número de especies, familias botánicas, y árboles por cada finca evaluada, donde los mayores resultados los presentó la finca Santa Emilia y El Cacao, indicando que estas fincas se encuentran más diversificadas en cuanto a composición de especies, en comparación al resto de fincas. Las especies encontradas en las diferentes fincas no son aprovechadas directamente como alimento por los animales vacunos, aunque las pueden utilizar como sombra.

Según Orozco y López, (2013) la riqueza arbórea encontrada en potreros en fincas ganaderas de Nicaragua es de 7.5 especies/ha, es notorio que en nuestro estudio en las 7 fincas evaluadas presentaron escasas ó poca riqueza de especies, debido que son áreas que no presentan un buen manejo técnico ni silvicultural.

Las fincas con mayor número de resultados son: Santa Emilia 6 especies, 6 familias y 21 individuos, y El Cacao 6 especies, 5 familias y 17 individuos respectivamente, mientras que La Ceiba 28 individuos y Buenos Aires 15 individuos representadas por 1 especie y 1 familia cada una con menor resultado; el número relativo que se determinó en las 7 fincas suman un total de 136 individuos, 24 especies arbóreas y 23 familias botánicas (anexo 11).

Cuadro 14. Número de especies, familias botánicas, géneros y árboles encontrados en siete fincas en sistemas silvopastoriles, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Finca	Área efectiva de muestreo	Nº Especies	Nº Familias	Nº Árboles
Santa Emilia	0.05 ha	6	6	21
El Cacao	0.05 ha	6	5	17
Buena Vista	0.05 ha	4	4	22
Regalo de Dios	0.05 ha	4	4	18
Las Marías	0.05 ha	2	2	15
La Ceiba	0.05 ha	1	1	28
Buenos Aires	0.05 ha	1	1	15

En la figura 7, se pueden observar las especies con mayor número de árboles, roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 96 individuos lo que presenta un 71%, seguido del aguacate de montaña (*Persea caerulea*) 12 individuos con el 9%, y coyote (*Platymiscium pleiostachyum*) 8 individuos

con el 6% del total respectivamente; todas estas especies son nativas o naturalizadas del sitio, originadas a partir de la regeneración natural, y además se consideran como árboles de servicio que se utilizan para leña, forraje, protección, conservación de la biodiversidad y sombra.. (figura 7 y anexo 12).

En estudios realizados en fincas ganaderas del municipio de Matiguas y Muy Muy, Nicaragua las especies más representativas en estos sitios fueron *Tabebuia rosea* y *Bursera simarouba* (Sánchez *et al.* 2005, citado por Orozco y López 2013), especies que coinciden con las más representativas encontradas en nuestro estudio en Mulukukú, Nicaragua.

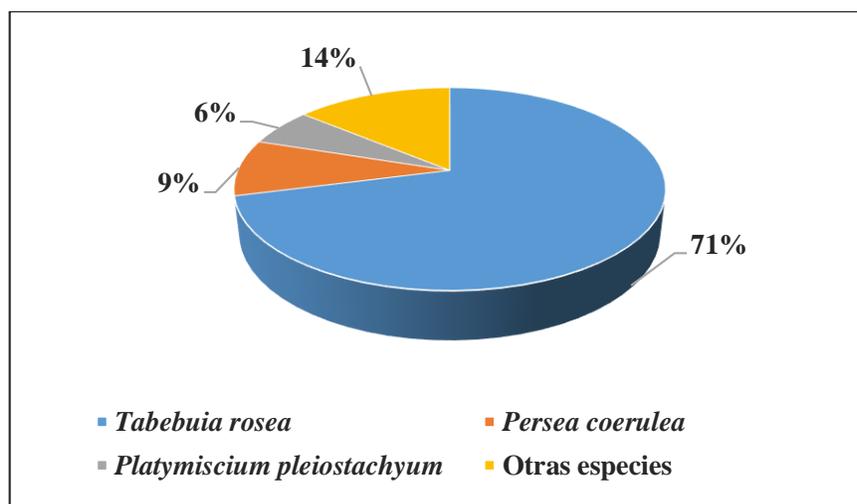


Figura 7. Porcentaje de individuos por especies en las siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Según el número de especies arbóreas, las familias botánicas que más sobresalen son: Mimosaceae, Fabaceae y Boraginaceae con el 8% cada una respectivamente, las otras familias representan el 76% respectivamente (anexo 13).

Las especies representadas por un individuo son: Genizaro (*Pithecellobium saman*), chaperno (*Albizia adinocephala*), cola de pava (*Cupania cinérea*), laurel hembra (*Cordia gerascanthus*), indio desnudo (*Bursera simarouba*), jobo (*Spondias mombin*) y yema de huevo (*Morinda panamensis*).

Las familias botánicas, Bignonaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Malvaceae, Burseraceae, Lauraceae, Anacardiaceae, y Rubiaceae; éstas se encuentran representadas por una especie (cuadro 15).

La especie roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) se encontró en seis fincas y en todas presentó la mayor cantidad de árboles en cada finca estudiada. Esto es debido a que se regenera sin ningún manejo silvicultural y es resistente a las perturbaciones antropogénicas y del ganado.

La mayoría de las especies más importantes encontradas en el sistema tienen usos maderables o leña, incluyendo usos comestibles y medicinales.

La mayor cantidad de árboles presentes en los sistemas silvopastoril son el resultado de la transformación del bosque a potreros efectuada por el hombre y la regeneración natural a partir de árboles semilleros antes que producto de la siembra de árboles en pasturas ya existentes, según ganaderos de la zona en general es raro encontrar quién haga reforestación en fincas ganaderas.

La composición arbórea encontrada en los sistemas silvopastoriles es el resultado de la tradición de los ganaderos que permiten la regeneración natural de árboles en potreros con el fin de proporcionar sombra y alimento a los animales, así como para obtener productos maderables

Cuadro 15. Familias botánicas y especies arbóreas encontradas en siete fincas en sistemas silvopastoriles, municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Fincas	Familias	Género	Nombre Científico	Nombre Común
La ceiba	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble Macuelizo
Las Marías	Mimosaceae	Pithecellobium	<i>Pithecellobium saman</i> (Jacq.) Benth	Genízaro
	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble Macuelizo
Santa Emilia	Mimosaceae	Albizia	<i>Albizia adinocephala</i> (Donn. Sm.) Britton & Rose ex Record.	Chaperno
	Euphorbiaceae	Pera	<i>Pera arbórea</i> (L.) Sarg.	Chinche
	Sapindaceae	Cupania	<i>Cupania cinerea</i> (Poepp. y Endl)	Cola de pava
	Fabaceae	Platymiscium	<i>Platymiscium pleiostachyum</i> J.D. Smith.	Coyote
	Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pavón) Oken.	Laurel macho
	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
Buena Vista	Euphorbiaceae	Pera	<i>Pera arbórea</i> (L.) Sarg.	Chinche
	Fabaceae	Platymiscium	<i>Platymiscium pleiostachyum</i> J.D. Smith.	Coyote

	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
	Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Laurel hembra
Buenos Aires	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
El Cacao	Fabaceae	Platymiscium	<i>Platymiscium pleiostachyum</i> J.D. Smith.	Coyote
	Malvaceae	Guazuma	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácimo de ternero
	Bignonaceae	Tabebuia	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Roble macuelizo
	Burseraceae	Bursera	<i>Bursera simarouba</i>	Indio desnudo
	Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pavón) Oken.	Laurel macho
	Fabaceae	Gliricidia	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) esteud.	Madero negro
Regalo de Dios	Lauraceae	Persea	<i>Persea coerulea</i> (Ruiz y Pav) Mez.	Aguacate montaña
	Anacardiaceae	Spondias	<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo
	Boraginaceae	Cordia	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pavón) Oken.	Laurel macho
	Rubiaceae	Morinda	<i>Morinda panamensis</i> (Seem.)	Yema de huevo

4.2.2. Número de árboles, área basal y volumen por hectárea encontrado en siete fincas en sistemas silvopastoriles

Las fincas que presentan mayor área basal y volumen por hectáreas son: El Cacao con 26.51 m²/ha, 227.13 m³/ha y 340 arb/ha, seguido de Santa Emilia con 22.51 m²/ha, 230.48 m³/ha y 420 arb/ha, la finca que presentó valores más bajo y con menor resultado fue Regalo de Dios con 15.8 m²/ha, 105.78 m³/ha y 360 arb/ha. El promedio encontrado para todas las fincas fue de 19.78 m²/ha, 167.09 m³/ha y 389 arb/ha. (cuadro 16). Según Orozco y López (2013), la densidad promedio de árboles/ha que se encuentra en los sistemas silvopastoril en fincas ganaderas de Nicaragua varia de 16-184 arb/ha, por lo tanto, se puede observar que en nuestro estudio en áreas de árboles dispersos el promedio de árboles/ha es muy denso ya que las especies presentan una alta densidad de árboles en cada sitio.

Cuadro 16. Número de árboles, área basal y volumen por hectárea en siete fincas en sistemas silvopastoril, municipio de Mulukukú, Siuna, RACN, 2018.

Finca	NAR/ha	AB/ha	V/ha
El Cacao	340	26.51	227.13
Santa Emilia	420	22.51	230.48
Buenos Aires	300	21.91	196,43
Las Marías	300	21.61	175.15
La Ceiba	560	16.73	118.44
Buenas Vista	440	13.42	116.25
Regalo de Dios	360	15.8	105.78

4.2.3. Distribuciones diamétricas en árboles ≥ 10 cm en sistemas silvopastoriles

La figura 8, muestra la cantidad de árboles por hectárea por clase diamétrica encontrados de forma general en las siete fincas en estudio, la clase de 10 - 19.99 cm., presenta el mayor número de individuos con 162.8 arb/ha, siguiendo la clase de 20 - 29.99 cm con 140 arb/ha y finalmente la categoría de 30-39.99 cm con 71.4 arb/ha. Las demás categorías diamétricas presentan un bajo número de árboles indicando que conforme aumenta el diámetro normal el número de individuos va disminuyendo, indica también que los árboles de diámetros mayores han sido cortados y el medio silvopastoril se encuentra muy alterado a la presencia del componente arbóreo. A pesar de que existe mucha alteración antropogénica, la vegetación arbórea responde de forma natural a un desarrollo de la “J” invertida.

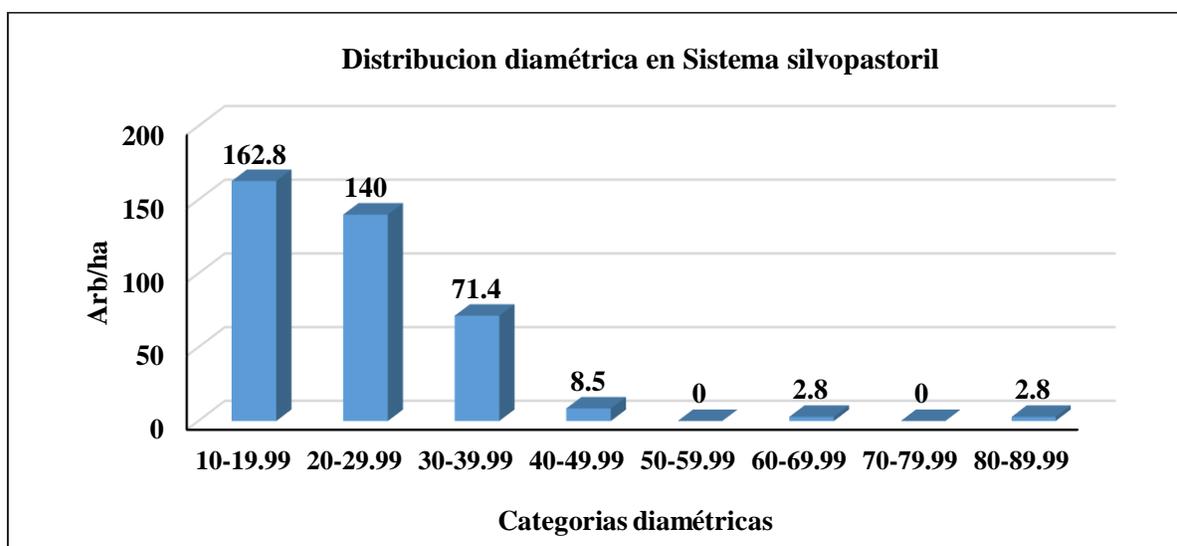


Figura 8. Distribución diamétrica en árboles ≥ 10 cm en los sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

En la figura 9, se pueden observar los resultados obtenidos por categorías diamétricas en sistemas silvopastoril. Los mayores valores de carbono fijado CO_2 se encuentran en el arbolado de 30-39.99 cm de DAP con 65.19 ton/ha, seguido del arbolado de 20-29.99 cm con 57.55 ton/ha debiéndose a que el arbolado en estas categorías presentan buenas dimensiones en diámetros y alturas ya que la densidad de árboles en este sistema es menor. Si se observa la figura 8 y la figura 9, se puede percibir que el tamaño del diámetro compensa al número de árboles.

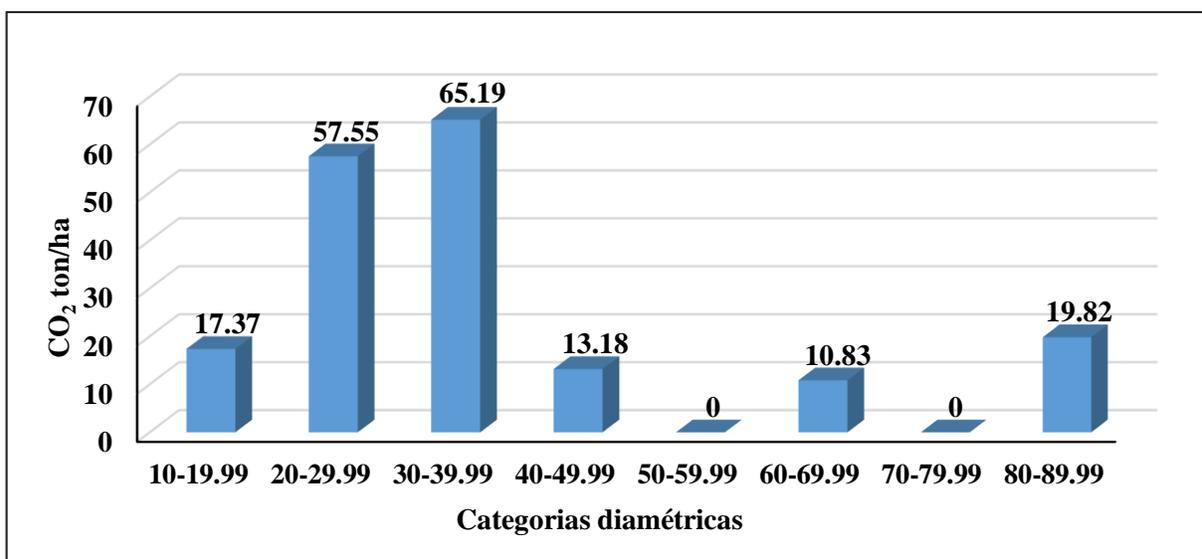


Figura 9. Dióxido de carbono fijado (CO₂) toneladas/ha por clase diamétrica en sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

4.2.4. Comportamiento de la biomasa forestal total en sistemas Silvopastoriles

En las siete fincas en estudio el mayor valor de biomasa forestal por especie y por hectárea lo presentan el Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 18.73 ton y 53.52 ton/ha, seguido de la especie indio desnudo (*Bursera simarouba*) con 3.78 ton y 10.80 ton/ha y finalmente la especie coyote (*Platymiscium pleiostachyum*) con 3.26 ton y 9.32 ton/ha, para un total de todas las especies encontradas de 35.09 ton y 100.25 ton/ha. (Cuadro 17) y (Anexo 14) Se puede notar que los resultados de biomasa forestal encontrado en sistema silvopastoril en relación con la composición de especies, se debe que los árboles presentaron altas dimensiones en diámetro y altura, a pesar que la cobertura arbórea en estos sistemas no se les da un manejo técnico, las especies presentan alta cantidad de árboles/ha y están aportando buena acumulación en totales de biomasa forestal, en comparación a los valores obtenidos en sistema bosque del mismo estudio.

Cuadro 17. Biomasa forestal por especie (toneladas/ha) encontrada en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	Bf/Esp	Bf/Ha
Roble macuelizo	18,73	53,52
Indio desnudo	3,78	10,80
Coyote	3,26	9,32
Genízaro	2,06	5,90

Laurel macho	1,97	5,63
Chinche	1,42	4,07
Aguacate de montaña	0,98	2,82
Jobo	0,91	2,61
Chaperno	0,70	2,02
Guácimo de ternero	0,51	1,46
Madero negro	0,23	0,66
Laurel hembra	0,23	0,65
Yema de huevo	0,13	0,38
Cola de pava	0,12	0,36
Total	35,09	100,25

4.2.5. Fijación de dióxido de carbono (CO₂) total en sistemas silvopastoriles

Las especies que presentan mayor cantidad de carbono fijado son: Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 34.37 ton y 98.21 ton/ha, seguido de la especie Indio desnudo (*Bursera simarouba*) con 6.93 ton y 19.82 ton/ha y finalmente la especie coyote (*Platymiscium pleiostachyum*) con 5.98 ton y 17.10 ton/ha, obteniendo un total de carbono fijado para todas las especies de 64.39 ton y 183.97 ton/ha. (cuadro 18) y (Anexo 15). Se puede notar que el sistema silvopastoril está fijando muy buena cantidad de dióxido de carbono, debido a que los árboles en su mayoría presentan buenos contenidos de carbono en su biomasa en diámetros mayores, como se puede observar en la figura 9.

Cuadro 18. Dióxido de carbono fijado CO₂ por especie (toneladas/ha) encontrado en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN) 2018.

Especie	CO₂/esp	CO₂/ha
Roble macuelizo	34,37	98,21
Indio desnudo	6,93	19,82
Coyote	5,98	17,10
Genízaro	3,79	10,83
Laurel macho	3,61	10,33
Chinche	2,61	7,46
Aguacate de montaña	1,81	5,17
Jobo	1,67	4,79
Chaperno	1,30	3,71
Guácimo de ternero	0,94	2,68
Madero negro	0,43	1,22
Laurel hembra	0,42	1,20
Yema de huevo	0,24	0,70
Cola de pava	0,23	0,67
Total	64,39	183,97

4.2.6. Carbono almacenado total en sistemas silvopastoril

La especie que presenta la mayor cantidad de carbono almacenado es el Roble macuelizo (*Tabebuia rosea*) con 9.36 ton y 26.76 ton/ha, en segundo lugar, Indio desnudo (*Bursera simarouba*) con 1.89 ton y 5.40 ton/ha, y en tercer lugar el coyote (*Platymiscium pleiostachyum*) con 1.63 ton y 4.66 ton/ha, encontrando un total de carbono almacenado para todas las especies de 17.54 ton y 50.12 ton/ha. (cuadro 19) y (Anexo 16). Los resultados de contenido de carbono en sistema silvopastoril, es debido que la cobertura arbórea presenta una alta cantidad de árboles/ha relacionado con las dimensiones en diámetro y altura, a pesar que se encontró una baja riqueza de especies en cada sitio evaluado.

Cuadro 19. Carbono almacenado por especie (toneladas/ha) encontrado en sistemas silvopastoriles en siete fincas del municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especie	C ton	C/ha (ton/ha)
Roble macuelizo	9,36	26,76
Indio desnudo	1,89	5,40
Coyote	1,63	4,66
Genízaro	1,03	2,95
Laurel macho	0,98	2,81
Chinche	0,71	2,03
Aguacate de montaña	0,49	1,41
Jobo	0,45	1,30
Chaperno	0,35	1,01
Guácimo de ternero	0,25	0,73
Madero negro	0,11	0,33
Laurel hembra	0,11	0,32
Yema de huevo	0,06	0,19
Cola de pava	0,06	0,18
Total	17,54	50,12

4.2.7. Comportamiento de la biomasa forestal, dióxido de carbono fijado y almacenado en las diferentes fincas en sistema bosque y silvopastoriles

En el sistema bosque se determinó que la finca La Ceiba registró mayor cantidad de biomasa forestal con 72.69 ton/ha, carbono fijado de 133.39 ton/ha y carbono almacenado de 36.34 ton/ha, debido que en estas áreas se encontró mayor composición florística y por lo tanto se encontró mayor cobertura arbórea.

En sistemas silvopastoriles, la finca Santa Emilia registró mayor cantidad de biomasa forestal con 19.75 ton/ha, carbono fijado de 36.25 ton/ha y carbono almacenado de 9.87 ton/ha; seguido de la finca el cacao con biomasa forestal de 19.46 ton/ha, carbono fijado de 35.72 ton/ha y carbono almacenado de 9.73 ton/ha, siendo estas las más sobresalientes, con mayor riqueza en composición de especie y densidad de árboles y con valores más bajos la finca Regalo de Dios con biomasa forestal de 9.06 ton/ha, carbono fijado con 16.63 ton/ha y carbono almacenado con 4.53 ton/ha, presentando poca densidad de árboles y baja riqueza de especies (cuadro 20).

Cuadro 20. Biomasa forestal, carbono fijado (CO₂) y almacenado por fincas en toneladas/ha en sistema bosque y silvopastoril en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Fincas	Sistema Bosque (ton/ha)			Sistema silvopastoril (ton/ha)		
	Biomasa Forestal	Fijación de CO ₂	Carbono almacenado	Biomasa forestal	Fijación de CO ₂	Carbono almacenado
La Ceiba	72.69	133.39	36.34	10.15	18.62	5.07
Las Marías				15.01	27.54	7.50
Santa Emilia				19.75	36.25	9.87
Buena Vista				9.96	18.28	4.98
Buenos Aires				16.83	30.89	8.41
El Cacao				19.46	35.72	9.73
Regalo de Dios	49.62	91.06	24.81	9.06	16.63	4.53
			Total	100.25	183.97	50.12

Los resultados de carbono almacenado en este estudio para el sistema bosque fueron de 36.34 ton/ha y 24.81 ton/ha, valores que son superiores a los obtenidos por (Ibrahim, Chacon, Cuartas, Naranjo, Ponce, Vega y Rojas, 2006), el cual registro valores de 23.01 ton C/ha, en la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Matiguás, Nicaragua.

Los valores de biomasa forestal en el presente estudio en el sistema bosque en la primera finca fueron de 72.69 ton/ha y carbono almacenado de 36.34 ton/ha, mientras que en la segunda finca fueron de 49.62 ton/ha y 24.81 ton/ha, valores que son inferiores en comparación a los encontrados por (Dauber y Guzmán, 2000), registrando 97 Ton B/ha y 49 ton C/ha, en un estudio realizado sobre estimaciones de Biomasa y Carbono en bosques naturales de Bolivia.

De acuerdo con (Dauber y Guzmán, 2000), diferentes autores afirman que variaciones en la acumulación de biomasa y carbono almacenado en el sistema bosque dependen de la variación climática del sitio y composición florística del bosque.

Por su parte Arévalo (2015), en un estudio de medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural (Ecuador), registro valores de 83 ton B/ha, 151 ton CO₂/ha y 41 ton C/ha, valores superiores a los obtenidos en nuestro estudio de 72.69 ton B/ha, 133.39 ton CO₂/ha, 36.34 ton C/ha y 49.62 ton B/ha, 91.06 ton CO₂/ha y 24.81 ton C/ha.

Según CATIE (2006), el contenido de carbono por encima del suelo en los ecosistemas forestales tropicales varía entre 25 y 250 ton C/ha, los obtenidos en nuestro estudio son de 36.34 ton/ha y 24.81 ton/ha, valores que se consideran bajos ó inferiores ya que se encuentran más cerca del rango mínimo que del rango máximo.

Los resultados en almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoril encontrados en el estudio, son similares (cuadro 20) a los encontrados por el CATIE (2016), en la biomasa arbórea en pastos encontraron valores de 7.2 ton/ha en estudios de relación entre carbono almacenado en la biomasa aérea del dosel de sombra, la riqueza de especies y abundancia de individuos de diferentes usos de suelo en Waslala, Nicaragua. .

En sistema silvopastoril los valores de carbono almacenado en este estudio son inferiores (cuadro 20) a los obtenidos por (Ibrahim, et al 2006), el cual registro 11.9 ton/ha en la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Matiguás, Nicaragua.

Por su parte Paiz y Molina (2002), en pastos mejorados con árboles registraron valores de 9.45 ton C/ha y en sistema de pastos nativos con árboles registraron valores de 7.24 ton C/ha, en un estudio de fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguas, Nicaragua, valores que se asemejan (cuadro 20) a los obtenidos en nuestro estudio.

V. CONCLUSIONES

En las fincas evaluadas la composición florística presenta una notable importancia para el proceso de fijación y almacenamiento de carbono, relacionándose con el área basal, volumen, y densidad de árboles, ya que las especies presentan buenas dimensiones en diámetros y alturas debido a que se puede observar en la distribución diamétrica.

En el sistema bosque los mayores valores de biomasa forestal y carbono almacenado lo presentó la finca la Ceiba con 72.69 ton/ha y 36.34 ton/ha. En sistema silvopastoriles la finca Santa Emilia con 9.87 ton C/ha y el Cacao con 9.73 ton C/ha, son las que mayor carbono almacenan a través de su biomasa, siendo las fincas que más aportan a reducir grandes gases de efectos invernaderos contenidos en la atmosfera, ayudando a mitigar y regular el cambio climático. Se consideran que estos sistemas vegetales presentan alta incidencia en la reducción de gases de efectos de invernaderos ya que siempre están ejerciendo su función de sumideros de CO₂.

El sistema bosque a través del componente arbóreo y de su alta densidad de árboles participa activamente en la fijación y almacenamiento de carbono, en el estudio fue notorio que en sistemas silvopastoriles los resultados fueron inferiores, debido a que el arbolado está en menor densidad, los resultados muestran que el bosque tiene mayor potencial en la producción de biomasa y contenidos de carbono debido a su alta densidad arbórea y riqueza florística que presenta este sistema.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario que los propietarios conserven y mejoren la existencia de áreas de bosques o en su defecto mejorar la población de árboles en los sistemas silvopastoriles, ya que esto ayuda a regular el microclima, fijan y almacenan el carbono por largos periodos, aumentando la liberación de oxígeno, a la vez ayudan a conservar el suelo y sirven de refugio a la fauna silvestre.

Que la Comisión Nacional Ganaderos de Nicaragua (CONAGAN), elabore estrategias en conjunto con los propietarios de las fincas para el buen manejo de los bosques y sistemas silvopastoriles, incentivando alternativas de pagos por servicios ambientales (PSA) para impulsar al productor a mantener y recuperar áreas de bosque.

Se debe promover con los propietarios de las fincas la ganadería sostenible para obtener la seguridad alimentaria y poder lograr la reducción del cambio del uso de la tierra.

Fomentar en los productores el uso de pastos mejorados como parte de los sistemas silvopastoriles en sus fincas estableciendo también el uso de cercas vivas, así como, incentivar la regeneración natural de la vegetación forestal a través de conservación y protección del bosque.

VII. LITERATURA CITADA

- Aalde, H., Gonzalez, P., Gytarsky, M., Krug, T., Kurz, W., Ogle, S... Somogyi, Z. (2006).** *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Tierras Forestales, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (Vol. 4.) Recuperado de <https://goo.gl/N4Fdag>
- Aldana Pereira, E. (2008).** *Medición forestal: Texto para la carrera ingeniería forestal.* Recuperado de http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/MedF%2520Medici%25c3%25b3n%2520Forestal.pdf
- Alonso, J. (2011).** Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. La Habana Cuba. *Revista cubana de ciencias agrícolas*, 45 (2), Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>
- Arévalo Delgado, C. D. (2015).** *Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural tinajillas limón indanza.* (Tesis de pregrado) Recuperada de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8427/1/UPS-CT004932.pdf>
- Brown, S. (1997).** *Estimating biomass and biomass change of tropical forests.* Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e05.htm#TopOfPage>
- Catholic Relief Services. (2015).** *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. (2006).** *Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generación de Servicios Ambientales.* Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Celia_Harvey/publication/325128761_La_conservacion_de_la_biodiversidad_en_sistemas_silvopastoriles/links/5af9b9d9a6fdccacab15772f/La-conservacion-de-la-biodiversidad-en-sistemas-silvopastoriles.pdf#page=59
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. (2016).** *Relación entre carbono almacenado en la biomasa aérea del dosel de sombra, la riqueza de especies y la abundancia de individuos de diferentes usos de suelo en dos sitios con distinto estado de desarrollo agrícola de Nicaragua.* Cartago, Turrialba, Costa Rica (Tesis de posgrado) 3 (2), 53-75. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8558/Relacion_entre_carbono_almacenado_en_la_biomasa_Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ciesla, W. M. (1996).** *Cambio climático, bosques y ordenación forestal: Una visión de conjunto.* Roma, Italia: FAO.

- 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>
- Gasparri, I., y Manghi, E. (2004).** *Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas.* Recuperado de http://www.cofema.gob.ar/archivos/web/UMSEF/File/volumen_biomasa_carbono.pdf
- González, Y., y Cuadra Cruz, M. (2004).** *Estandarización de unidades de medidas y cálculo de volúmenes de madera.* Recuperado de http://www.adimau.com.uy/articulos/06_estandarizacion_de_unidades_de_medida.pdf
- Hernández, D., y Pérez, C. R. (2011).** *Cuantificación de carbono fijado en el bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN, Nicaragua* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P... Rojas, J. (2006).** Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, (45), 27-36. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7934/Almacenamiento_de_carbono_en_el_suelo.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Instituto Nacional Forestal. (2009).** *Resultados del Inventario Forestal Nacional de Nicaragua 2007-2008* (2ª. Ed.). Managua, Nicaragua
- Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales. (2009).** *Ubicación de municipios propuestos para la micro localización de proyectos, sitios industriales cárnicos, lácteos y harina.* Recuperado de https://www.ineter.gob.ni/Ordenamiento/files/microlocalizacion_de_matadero.pdf
- Jenkins, J., Ginzo, H. D., Ogle, S. M., y Verchot, L. V. (2006).** *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Asentamientos, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra* (Vol. 4.) Recuperado de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_08_Ch8_Settlements.pdf
- Lino Zevallos, K. A. (2009).** *Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú.* (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/48930577/Tesis-Determinacion-del-stock-de-biomasa-y-carbono-en-las-sucesiones-secundarias-de-bolaina-en-la-cuenca>
- Louman, B., Quiroz, D., y Nilsson, M. (2001).** *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central.* Turrialba, Costa Rica: CATIE.

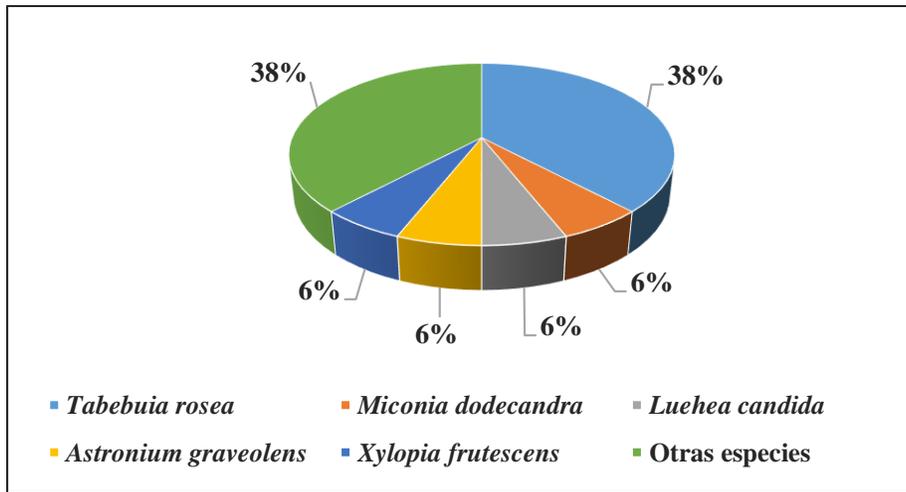
- Macario Lino, D. (2014).** *Estructura, diversidad florística y estimación de carbono almacenado en tres bosques del municipio el castillo, Rio San Juan, Nicaragua, 2012.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Mahecha, L. (abril, 2002).** El silvopastoreo: Una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Ciencias Pecuarias*, 15(2). Recuperado de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/DialnetElSilvopastoreoUnaAlternativaDeProduccionQueDismin-3242906%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/DialnetElSilvopastoreoUnaAlternativaDeProduccionQueDismin-3242906%20(4).pdf)
- Mejia Bayas, M M. (2013).** *Determinación del factor de forma de gmelina (gmelina arborea roxb) en plantaciones de uno, dos y tres años de edad en la hacienda el vergel cantón valencia provincia de los ríos.* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2993/1/33T0121%20.pdf>
- Ordóñez J., A. B., y Masera, O. (febrero, 2001).** Captura de carbono ante el cambio climático. Xalapa, México. *Madera y Bosques* 7(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Ordóñez Jurado, H., Muñoz Guerrero, D., Ballesteros Possu, W., Cabrera Chamorro, G., y Mosquera Gonzales, J. (diciembre, 2007).** Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en árboles dispersos en potreros con motilón silvestre (*Freziera canescens*) en el municipio de pasto Nariño, Colombia. *Ciencias agrícolas*, 24(1 y 2). Recuperado de <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/88>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1998).** *FRA 2000 Directrices para la Evaluación en los Países Tropicales y Subtropicales.* Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/4234-02563e77b4073478e56990c2ba430d0df.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010)** *Evaluación de los recursos forestales mundiales.* Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-am665s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2005).** *Evaluación de los recursos forestales mundiales: Nicaragua, informe nacional 195.* Recuperado de <http://www.fao.org/forestry/9107-0c6fe991aec5dbec690c7c9cd35eb9d81.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010).** *Evaluación de los recursos forestales mundiales: informe nacional, Nicaragua.* Recuperado de <http://www.fao.org/3/al584S/al584S.pdf>
- Orozco Aguilar, L., y López Sampson, A. (2013).** Evolución, aplicación y futuro de la Agroforestería en Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, (49). Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6296/13.Orozco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Orrego, S. A., y del Valle, J. I. (2001).** *Existencias de tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia.* Recuperado de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/26_Orrego.PDF
- Paiz Escobar, D. P., y Molina Ordóñez, J. I. (2002).** *Producción de biomasa y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y tacotales en la zona baja de la Micro-cuenca Río Bul Bul, Matiguas, Matagalpa.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Padilla Henry, A. Kandler Bendlis, L y Guadamuz N. (Diciembre, 2017).** Estructura y composición florística del bosque húmedo tropical de la comunidad de San Jerónimo. En RACCN, Nicaragua. *Universitaria del Caribe*, 19 (2), 89-101. doi <http://dx.doi.org/10.5377/ruc.v19i2.6474>
- Pinelo Morales, J. I. (2000).** *Manual para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en la Reserva de la Biosfera Maya, Peten, Guatemala.* Recuperado de http://ppm.inab.gob.gt/docs/metodologia_bnl.pdf
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. (1997).** *Mensura Forestal* (Serie investigación y educación en desarrollo sostenible). Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>
- Quezada Bonilla, J. B., Garmendia Zapata, M., y Kheim Meyrat, A. (2010).** *Especies arbóreas del Arboretum Alain Meyrat.* Managua, Nicaragua: UNA.
- Quezada Bonilla, J. B., Garmendia Zapata, M., y Kheim Meyrat, A. (2012).** *Especies arbóreas y arbustivas del Arboretum Alain Meyrat.* Managua, Nicaragua: UNA.
- Quiceno Urbina, N. J., Tangarife Marín, G. M., y Álvarez León, R. (diciembre, 2016).** Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena piapoco chigüiro-chátare de barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Luna Azul* (43), 171-202. doi: 10.17151/luaz.2016.43.9
- Ramírez, D., Ordaz, J., Mora, J., Acosta, A., y Serna, B. (2010).** *Nicaragua: Efectos del cambio climático sobre la agricultura.* México, D. F. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269633059_NICARAGUA_EFECTOS_DEL_CAMBIO_CLIMATICO_SOBRE_LA_AGRICULTURA
- 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
- Russo, R. (2002).** *Los bosques como sumideros y depósitos de carbono.* San José, Costa Rica. Recuperado de <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000071.pdf>
- Salas Estrada, J. A. (1993).** *Árboles de Nicaragua.* Managua, Nicaragua

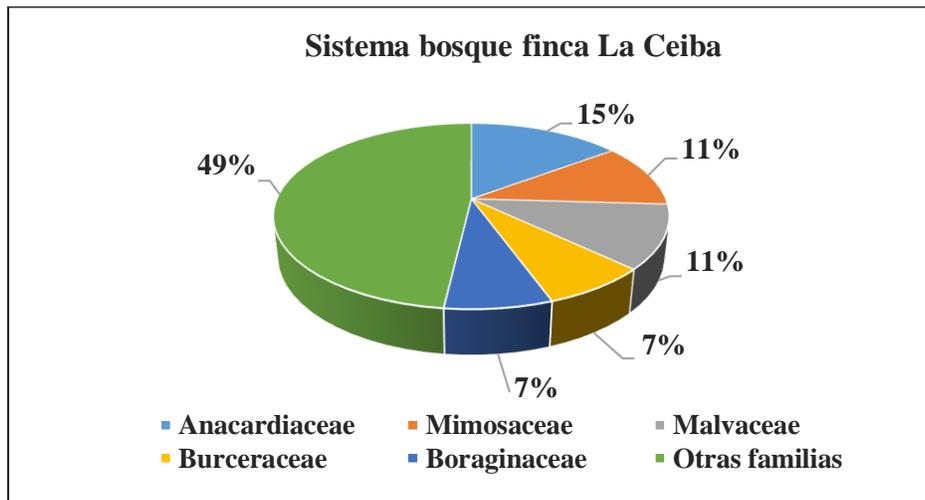
- Schlegel, B. (2001).** *Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde.* Recuperado de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/45_schlegel.PDF
- Ugalde A., L. A. (1981).** *Conceptos básicos de dasometria.* Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/A5909e/A5909e.pdf>
- Umanzor Barrantes, D. J. (2016).** *Cuantificación de carbono almacenado en árboles de sombra en tres lotes en un sistema de café, en el Centro Experimental ICIDRI – Masatepe, UPOLI.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- 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#>

VIII. ANEXOS

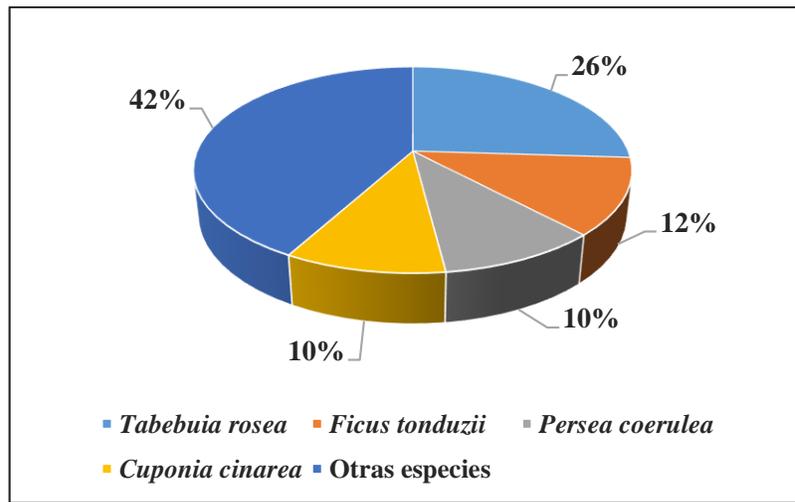
Anexo 1. Especies arbóreas con mayor porcentaje según el número de individuos presentes en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



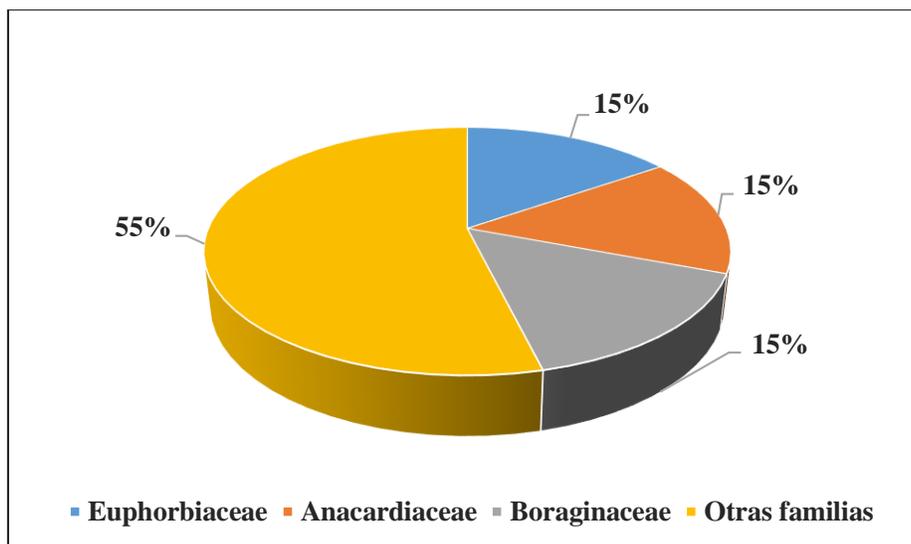
Anexo 2. Familias botánicas con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



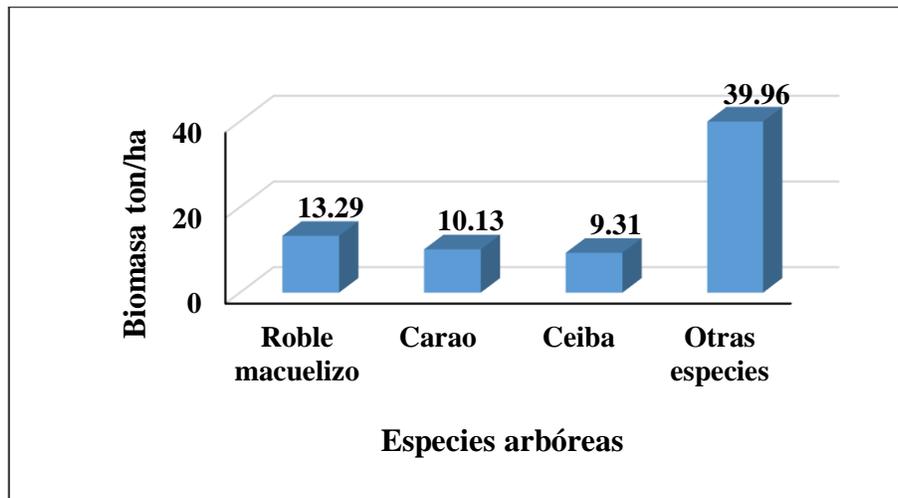
Anexo 3. Especies arbóreas con mayor porcentaje según el número de individuos presentes en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



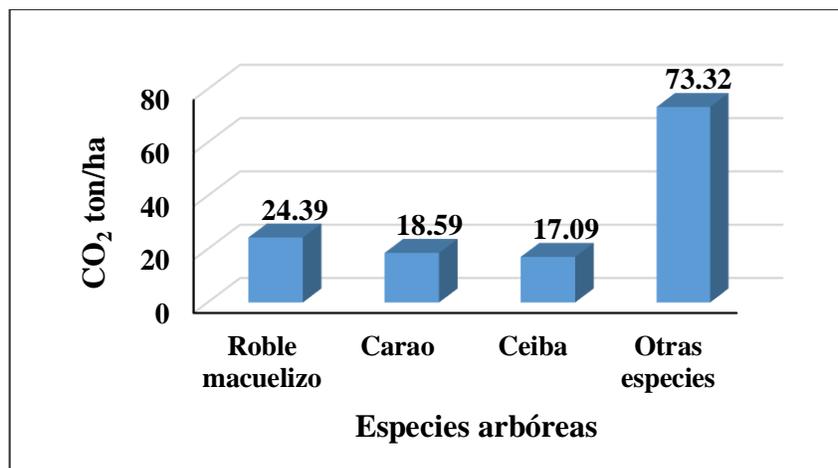
Anexo 4. Familias botánica con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



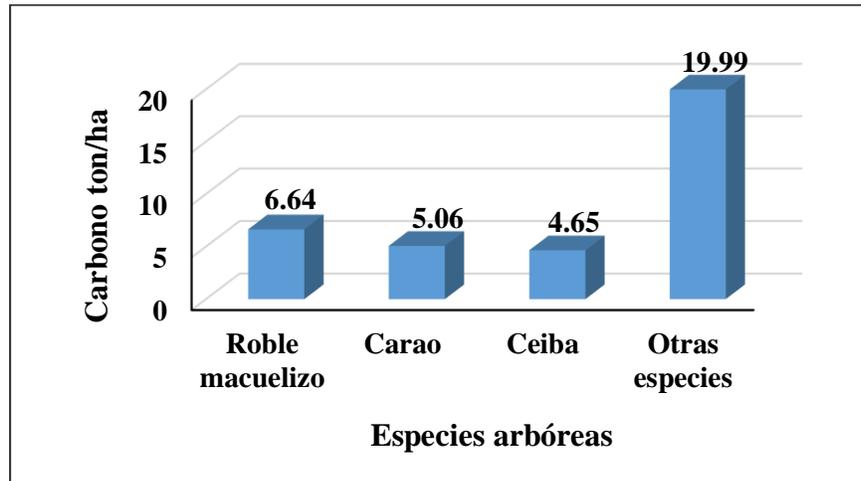
Anexo 5. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



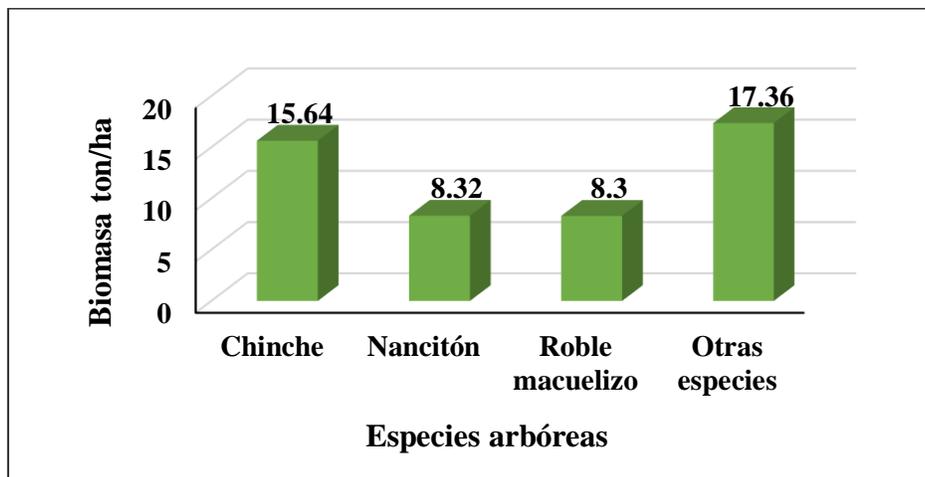
Anexo 6. Carbono Fijado CO₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



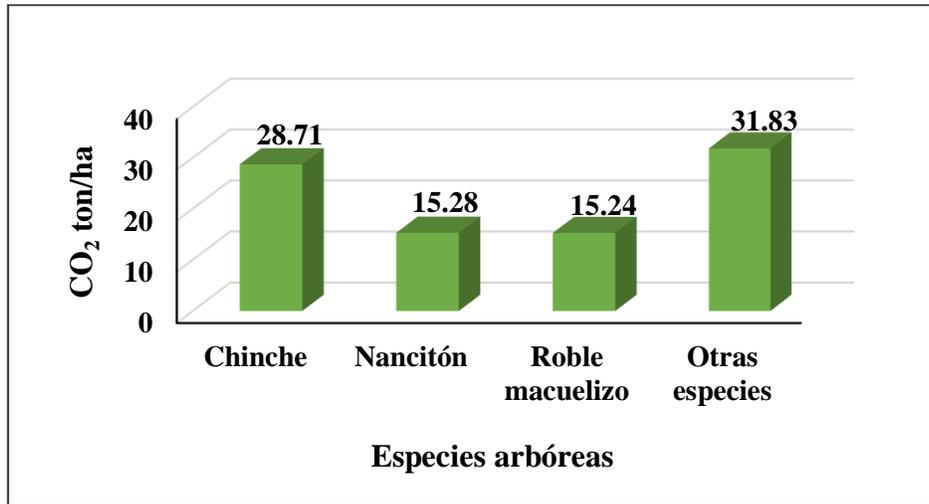
Anexo 7. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca La Ceiba en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



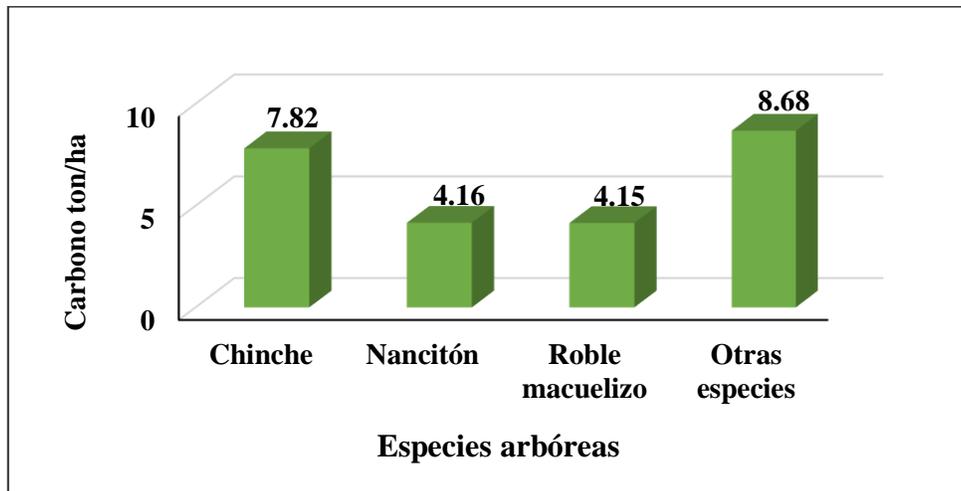
Anexo 8. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectárea) encontrada en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



Anexo 9. Carbono Fijado CO₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



Anexo 10. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en la finca Regalo de Dios en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



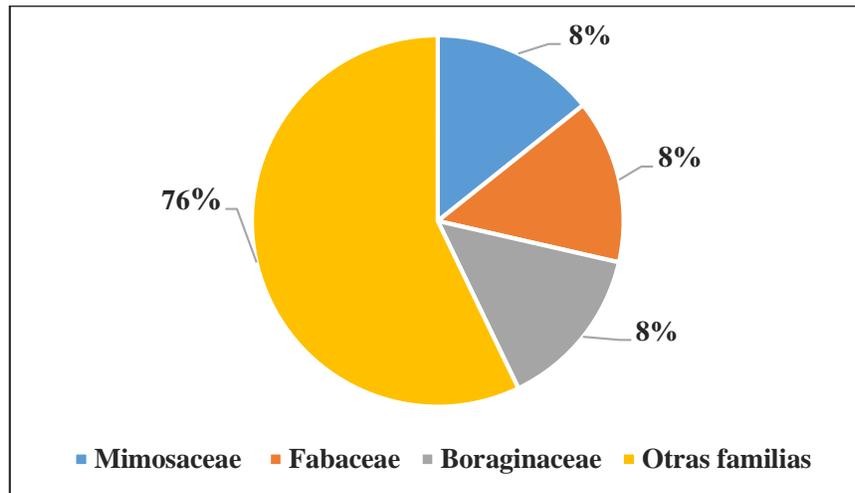
Anexo 11. Número de individuos, especies y familias botánicas encontrados en sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Fincas	Sistemas silvopastoriles		
	Nº individuos	Nº Especies	Nº Familia
La Ceiba	28	1	1
Las Marías	15	2	2
Santa Emilia	21	6	6
Buena Vista	22	4	4
Buenos Aires	15	1	1
El Cacao	17	6	5
Regalo de Dios	18	4	4
Total	136	24	23

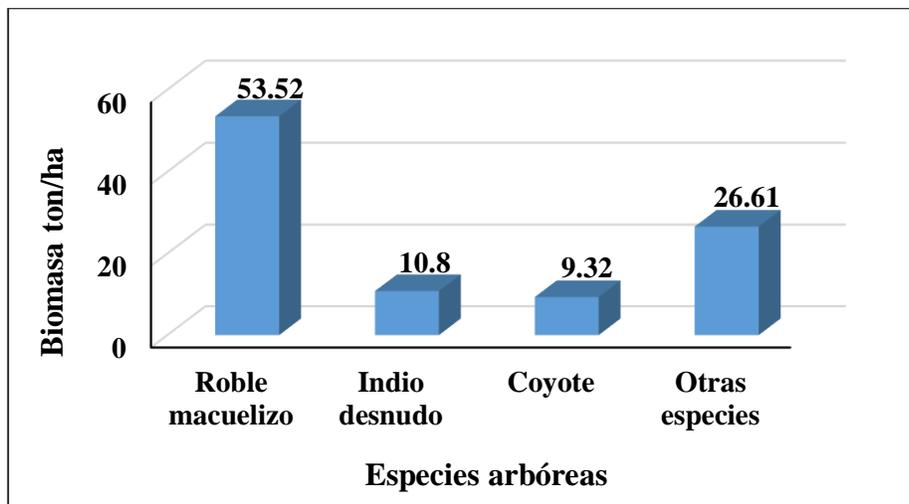
Anexo 12. Especies arbóreas con mayor número y porcentaje de individuos presentes en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.

Especies	La ceiba		Las Marías		Santa Emilia		Buena Vista		Buenos Aires		El Cacao		Regalo de Dios		Total %
	Nº Ind	%	Nº Ind	%	Nº Ind	%	Nº Ind	%	Nº Ind	%	Nº Ind	%	Nº Ind	%	
Roble macuelizo	28	21	14	10	12	9	17	13	15	11	10	7			71
Genizaro			1	0.7											0.7
Chaperno					1	0.7									0.7
Cola de pava					1	0.7									0.7
Coyote					5	3.6	2	1.5			1	0.7			5.8
Laurel macho					1	0.7					1	0.7	4	3	4.3
Chinche					1	0.7	2	1.5							2.2
Laurel hembra							1	0.7							0.7
Guácimo de ternero											2	1.5			1.5
Indio desnudo											1	0.7			0.7
Madero negro											2	1.5			1.5
Aguacate de montaña													12	9	8.8
Jobo													1	0.7	0.7
Yema de huevo													1	0.7	0.7
Total general	28	21	15	11	21	15	22	16	15	11	17	13	18	13	100

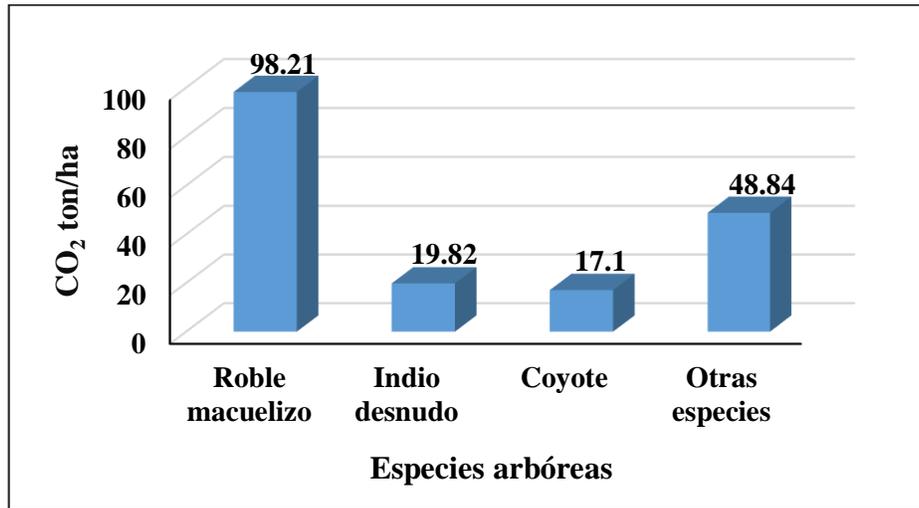
Anexo 13. Familias botánicas con mayor porcentaje según el número de especies encontradas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



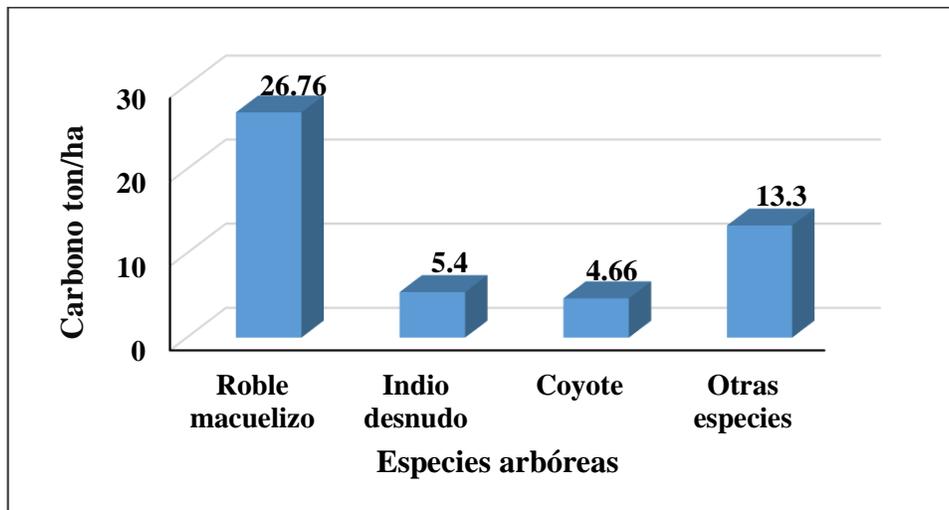
Anexo 14. Biomasa forestal por especie (toneladas/hectáreas) encontrada en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



Anexo 15. Carbono fijado CO₂ por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



Anexo 16. Carbono almacenado por especie (toneladas/hectáreas) encontrado en siete fincas en los sistemas silvopastoriles en el municipio de Mulukukú, Siuna, (RACN), 2018.



Anexo 17. Formato de registro de datos de las PMP del arbolado ≥ 10 cm de DAP

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

NPAR: Número de parcela. NAR: Número 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 18. Registro de datos en las subparcelas de 10*10m dentro de las PMP del arbolado de 5 a 9.99cm de DAP.

NPAR	NAR	Especie	DAP(cm)	At(m)

Anexo 19. Registro de datos de las fajas de muestreo en el sistema silvopastoril para el arbolado ≥ 10 cm de DAP.

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

NF: Número de fuste

Anexo 20. Glosario de términos

Biomasa: Se define como la cantidad total de materia orgánica viva sobre el suelo incluida las hojas, ramas, el tronco principal y la corteza en los árboles, expresada en toneladas secadas en horno. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Brown, 1997).

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).

Biomasa de fustes (BF): Se refiere al peso seco de los fustes comercial del árbol con DAP mayor a 10 cm. Corresponde a la altura comercial del árbol desde el suelo hasta la primera bifurcación o inicio de la copa. (Dauber y Guzmán, 2000)

Carbono: Elemento químico sólido y no metálico que se encuentra en todos los componentes orgánicos y algunos inorgánicos. El carbono permanentemente ingresa a la atmosfera en forma de Dióxido de carbono, metano y otros gases. (Lino, 2009)

Dióxido de carbono (CO₂): Según (Lino, 2009). Es un gas inodoro e incoloro, ligeramente ácido y no inflamable, formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno, O=C=O. Es el más importante de los gases de efecto invernadero que las actividades del hombre influencia, tanto en términos de la cantidad presente en la atmosfera como por sus potenciales efectos en el calentamiento global. Este gas es un producto de la respiración de los animales y de las plantas, de la quema de combustible fósiles y de la quema o descomposición de las plantas y de los árboles. (Ciesla, 1996)

Fijación de carbono: Es un proceso bioquímico mediante el cual el CO₂ atmosférico es absorbido o fijado por la biomasa vegetal como resultado de la fotosíntesis que realizan las plantas. (Lino, 2009)

Almacenamiento de carbono: Acción que realizan las plantas de retener carbono en su estructura en forma de biomasa en un periodo de tiempo determinado (Orrego y Del Valle, 2001).

Flujo de carbono: Es la transferencia de carbono de un depósito a otro medido en unidades de masa por área y tiempo, ejemplo ton C/ha/año. (Russo, 2002).

Depósito de carbono: Todo componente del sistema climático que almacena un gas de efecto invernadero. También se define como la cantidad de carbono almacenado en los sumideros o reservorios de carbono. (Russo, 2002).

Parcelas de Muestreo Permanentes (PMP): Se define como la superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos. A fin de ir determinando la dinámica del bosque en su estado natural. (Pinelo, 2000).

Sistema bosque: Tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas dotada de árboles de una altura superior a 5 metros con una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ (FAO, 2010)

Sistemas silvopastoriles: Según (Mahecha, 2002). Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, con el objetivo de obtener una producción sostenible desde el punto de vista social, económico y ecológico. En palabras más sencillas, los sistemas silvopastoriles son prácticas ganaderas en donde los árboles están combinados con pastos naturales o mejorados, con otros cultivos forrajeros y con los animales (Catholic Relief Services [CRS], 2015).

Factor de expansión de biomasa (FEB): Es la relación entre la biomasa aérea total por hectárea y la biomasa aérea fustal. (Quiceno, Tangarife, y Alvares, 2016)

Factor de carbono: Es una fracción de carbono de 0.5 cuando no se tienen datos específicos, asumiendo que el 50% de la biomasa del individuo es carbono. (Jenkins, *et al*, 2006)

Densidad Básica de la madera: Relación entre la masa de la madera en estado anhidro (seca) y el volumen de la madera en estado verde y se expresa en gr/cm^3 ó ton/m^3 . (Umanzor, 2016)

Área basal (AB): Desde el punto de vista de la silvicultura, la medida más importante de la estructura horizontal es el área basal, se define como la superficie de la sección transversal del árbol a la altura del pecho (1.30 m) y se calcula como el área de un círculo de diámetro igual al dap del árbol. (Louman y Nilsson, 2001)

Volumen de árboles en pie (V): Cantidad de madera de un árbol o masa boscosa estimada en m^3 a partir del tocón hasta el ápice del árbol. El volumen puede ser total o comercial. Depende a partir de que se tomen las alturas, si es altura comercial, o altura total. En latifoliadas normalmente se calcula el volumen comercial del fuste. (Gonzales y Cuadra, 2004)

