

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Evaluación de la cantidad de carbono capturado por el aguajal  
(*Mauritia flexuosa* L.) en el sector de Tangumi, Calzada -  
Moyobamba - San Martín

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

**AUTOR**

Luznely Tarrillo Carranza

**ASESOR**

Carlos Hugo Egoávil De la Cruz

Rioja, Perú

2020

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 007- 2019/UCSS/FIA

Siendo las 02:00 pm, del día 05 de julio de 2019, en la Biblioteca de la Universidad Católica Sedes Sapientiae de la Filial Rioja: Nueva Cajamarca, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Dr. Honorio Eloy Munive Jáuregui    | Presidente      |
| 2. M. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero   | Primer Miembro  |
| 3. Lic. Norma Luz Quinteros Camacho    | Segundo Miembro |
| 4. Ing. Carlos Hugo Egoávil de la Cruz | Asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO CAPTURADO POR EL AGUAJAL (*Mauritia flexuosa* L.) EN EL SECTOR DE TANGUMI, CALZADA - MOYOBAMBA - SAN MARTÍN”**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, la Sra. **Luznely Tarrillo Carranza** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar acuerda:

APROBAR

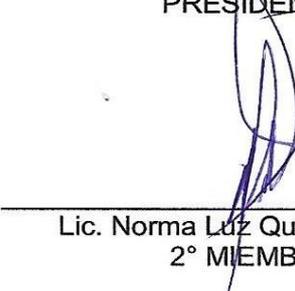
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **SUFICIENTE** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Firmado en Rioja, 05 de julio de 2019.

  
Dr. Honorio Eloy Munive Jáuregui  
PRESIDENTE

  
M. Sc. Wilfredo Mendoza Caballero  
1° MIEMBRO

  
Lic. Norma Luz Quinteros Camacho  
2° MIEMBRO

  
Ing. Carlos Hugo Egoávil de la Cruz  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

- En primer lugar, a Dios porque está conmigo en cada paso que doy cuidándome, guiándome y dándome la fortaleza necesaria para seguir luchando por mis sueños.
- A mis hijos Luznelly Mei-Ling y Ryan Minga Tarrillo, quienes se sentirán orgullosos de mis logros, de esta forma sea un ejemplo para su desarrollo, donde cristalicen su formación con éxito.
- A mis padres Isabel Carranza Inga y Grimaldo Tarrillo Silva, quienes contribuyeron en mi formación, inculcándome valores éticos y morales, los cuales me llevarán a ser una profesional de éxito.
- A mis tíos Elsa Piedra Berrios y Carloman Carranza Tello, quienes estuvieron junto a mí brindándome su apoyo incondicional para no rendirme.
- A mi esposo Rolando Nolverthy Minga Sarmiento, por estar siempre a mi lado en esta etapa de mi vida, por brindarme su apoyo transparente y desinteresado.

## AGRADECIMIENTO

- Al Ingeniero Carlos Hugo Egoávil De la Cruz, por haber aceptado ser mi asesor compartiendo sus conocimientos, su experiencia y por brindarme su apoyo durante el desarrollo del proyecto de investigación, por su dedicación, sobre todo por su compartir sus conocimientos que han permitido enriquecer mí trabajo.
  
- A los profesores de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, con sede en Nueva Cajamarca, quienes contribuyeron brindándome sus conocimientos en mi formación profesional y el desarrollo de mi tesis.
  
- Al señor Segundo Hernández por concederme el permiso para realizar en su predio las evaluaciones *in situ* y realizar el recorrido del aguajal durante el desarrollo de la investigación.

## Índice general

	Pág.
Índice general.....	v
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Índice de apéndices.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	13
1.2.1. Captura de carbono en los humedales.....	13
1.2.2. Alcances de los sumideros de carbono.....	13
1.2.3. El ciclo de carbono.....	13
1.2.4. Componentes de un ecosistema de aguajal .....	14
1.2.5. Interacción de los humedales.....	15
1.2.6. Fórmulas alométricas .....	17
1.2.7. Diámetro a la altura del pecho (DAP) .....	17
1.2.8. Área basal .....	18
1.2.9. Cambio climático .....	18
1.2.10. La Convención Ramsar sobre los humedales .....	18
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
2.1. Diseño de la investigación.....	19
2.1.1. Lugar y fecha de ejecución .....	19
2.1.2. Materiales.....	21
2.1.3. Descripción de la investigación.....	22
2.1.4. Población y muestra .....	26
2.1.5. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.....	28

<b>2.1.6. Análisis estadísticos de los muestreos realizados</b> .....	30
<b>2.1.7. Análisis biométricos de los muestreos realizados</b> .....	31
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b> .....	32
<b>3.1. Carbono capturado en la parte aérea del aguajal denso y semi denso</b> .....	32
<b>3.1.1. Biomasa aérea del aguajal denso y semi denso</b> .....	32
<b>3.1.2. Volumen del fuste de las palmeras inventariadas</b> .....	34
<b>3.1.3. Cálculos de biomasa arbórea en el tronco y tallos de los rodales</b> .....	40
<b>3.2. Cantidad de carbono capturado en la hojarasca del aguajal</b> .....	45
<b>3.3. Carbono almacenado en el suelo del aguajal denso y semi denso</b> .....	53
<b>3.3.1. Determinación de pH y carbono orgánico en el suelo</b> .....	53
<b>3.3.2. Análisis estadístico de la biomasa total, carbono en hojas y tallos y carbono total en plantas</b> .....	55
<b>Estadísticos descriptivos de biomasa total en población densa</b> .....	57
<b>Estadísticos descriptivos de carbono total en población semi densa</b> .....	59
<b>Estadísticos descriptivos de carbono total en población densa</b> .....	61
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES</b> .....	62
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES</b> .....	64
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	67
<b>TERMINOLOGÍA</b> .....	73
<b>APÉNDICES</b> .....	76

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Datos meteorológicos de Rioja (Promedio de 10 años: 2005-2014)</i> .....	20
Tabla 2. <i>Periodos de evaluación de los muestreos</i> .....	28
Tabla 3. <i>Biomasa en la parte aérea del aguajal denso y semi denso</i> .....	32
Tabla 4. <i>Carbono capturado en por las palmeras de aguaje y en el suelo</i> .....	33
Tabla 5. <i>Primer muestreo de aguajal denso en un área de muestreo de 500 m<sup>2</sup></i> .....	34
Tabla 6. <i>Primer muestreo de aguajal semi denso</i> .....	36
Tabla 7. <i>Segundo muestreo del aguajal denso</i> .....	36
Tabla 8. <i>Segundo muestreo del aguajal semi denso</i> .....	37
Tabla 9. <i>Tercer muestreo de del aguajal denso</i> .....	38
Tabla 10 . <i>Tercer muestreo del aguajal semi denso</i> .....	39
Tabla 11. <i>Coefficientes de variación de diámetro altura del pecho</i> .....	40
Tabla 12 . <i>Biomasa a rbórea en el primer muestreo en aguajal semi denso</i> .....	40
Tabla 13. <i>Biomasa arbórea en el primer muestreo del aguajal denso</i> .....	41
Tabla 14. <i>Biomasa arbórea en el segundo muestreo en aguajal semi denso</i> .....	42
Tabla 15. <i>Biomasa arbórea en el segundo muestreo en Aguajal denso</i> .....	42
Tabla 16. <i>Biomasa arbórea en el tercer muestreo en Aguajal semi denso</i> .....	44
Tabla 17. <i>Biomasa arbórea en el tercer muestreo en aguajal denso</i> .....	44
Tabla 18. <i>Carbono en la biomasa total en el primer muestreo del aguajal semi denso</i> .....	45
Tabla 19. <i>Carbono en la biomasa total en el primer muestreo del aguajal denso</i> .....	46
Tabla 20. <i>Carbono en la biomasa total en el segundo muestreo en aguajal semi denso</i> ....	47
Tabla 21. <i>Carbono en la biomasa total en el segundo muestreo en Aguajal denso</i> .....	48
Tabla 22. <i>Carbono en la biomasa total en el tercer muestreo en aguajal semi denso</i> .....	49
Tabla 23. <i>Carbono en la biomasa total en el tercer muestreo en Aguajal denso</i> .....	50

Tabla 24. <i>Análisis de laboratorio del contenido de carbono en muestras de hojas</i> .....	51
Tabla 25. <i>Análisis de laboratorio contenido de carbono en hojas aguajal semi denso</i> .....	52
Tabla 26. <i>Valores de pH del suelo según densidad</i> .....	53
Tabla 27. <i>Valores de carbono orgánico del suelo según densidad</i> .....	54
Tabla 28. <i>Valores Promedio de biomasa total (tallo + hoja) según muestreo (Mg ha<sup>-1</sup>)</i> .....	55
Tabla 29. <i>ANOVA de la biomasa arbórea total (tallo + hojas)</i> .....	56
Tabla 30. <i>ANOVA del carbono en tallos</i> .....	57
Tabla 31. <i>Estadísticos descriptivos de biomasa total en población densa</i> .....	57
Tabla 32. <i>Valores promedios del carbono en hojas según muestreo</i> .....	58
Tabla 33. <i>Valores promedios del carbono en tallos</i> .....	59
Tabla 34. <i>Estadísticos descriptivos de carbono total en población semi densa</i> .....	60
Tabla 35. <i>Estadísticos descriptivos de carbono total en población densa</i> .....	61

## Índice de figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre.....	14
<i>Figura 2.</i> Identificación y ubicación del área de estudio.....	23
<i>Figura 3.</i> Plano de ubicación y puntos de muestreo del área de estudio.....	27
<i>Figura 4.</i> Biomasa en la parte aérea según densidad.....	34
<i>Figura 5.</i> Humedad en la muestra vegetal.....	52
<i>Figura 6.</i> Materia orgánica en la muestra.....	53
<i>Figura 7.</i> Contenido de carbono orgánico en el suelo.....	55
<i>Figura 8.</i> Diagrama de biomasa total en ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).....	58
<i>Figura 9.</i> Contenido de carbono en las hojas.....	59
<i>Figura 10.</i> Contenido de Carbono orgánico en ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) .....	60
<i>Figura 11.</i> Contenido de Carbono orgánico en ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).....	61

## Índice de apéndices

	Pág.
Apéndice 1: Mediciones biométricas del aguaje.....	76
Apéndice 2: Fotografías de las actividades realizadas.....	77
Apéndice 3: Resultados de los cálculos realizados en la primera evaluación para rodal semi denso.....	83
Apéndice 4: Resultados de los cálculos realizados en la primera evaluación para rodal denso.....	84
Apéndice 5: Resultados de los cálculos realizados en la segunda evaluación para rodal semi denso.....	86
Apéndice 6: Resultados de los cálculos realizados en la segunda evaluación para rodal denso.....	87
Apéndice 7 : Resultados de los cálculos realizados en la tercera evaluación para rodal semi denso.....	89
Apéndice 8: Resultados de los cálculos realizados en la tercera evaluación para rodal denso.....	90
Apéndice 9: Fichas de descripción de los resultados del análisis de muestras.....	92

## RESUMEN

La presente investigación ha sido llevado a cabo en un área de conservación privada, que se encuentra ubicado en sector Tangumi en el distrito de Calzada con una extensión 8 ha y permanentemente inundadas. Esta área es conocida por la presencia de aguajales, palmera conocida como “aguaje” (*Mauritia flexuosa* L.), cuya especie brinda servicios ambientales que constituyen grandes almacenes de carbono. Sin embargo, estos están siendo talados para dedicarlos a la agricultura, puesto que en estos últimos años están sufriendo cambio de uso, convirtiéndolos en áreas de cultivo principalmente de arroz. La finalidad de la presente investigación fue estimar el carbono almacenado, en rodales denso y semi denso, principalmente en el tallo, hoja, y en el suelo, esta última evaluación se realizó mediante una calicata de 25 x 25 cm con una profundidad 30 cm, dentro de las parcelas de 5 x 100 m (500 m<sup>2</sup>), donde se evaluaron todos los árboles mayores en las poblaciones de palmeras.

Las parcelas fueron ubicadas al azar en tres puntos de evaluación. Para estimar el carbono orgánico almacenado en la biomasa arbórea se utilizaron ecuaciones alométricas no destructivas. El trabajo de campo se realizó en los meses de julio, setiembre y noviembre del año 2016; llegando a concluir con los resultados hallados en la biomasa arbórea el total, en el rodal denso fue de 807,06 Mg ha<sup>-1</sup> y en rodal semi denso de 348,80 Mg ha<sup>-1</sup>, para la hojarasca se tuvo en el aguajal denso 401,33 x 10<sup>-6</sup> Mg ha<sup>-1</sup> y en semi denso 61,33 x 10<sup>-6</sup> Mg ha<sup>-1</sup>. Con respecto al carbono orgánico en el suelo, se halló en el aguajal denso 6 739,16 Mg C ha<sup>-1</sup> y en el aguajal semi denso 1 078,1816 Mg C ha<sup>-1</sup>

**Palabras claves:** *Mauritia flexuosa*, Aguajal, captura de carbono biomasa, hojarasca, humedales.

## ABSTRACT

The present investigation has been carried out in a private conservation area, which is located in the Tangumi sector in the Calzada district with an area of 8 ha and permanently flooded. This area is known for the presence of aguajales, a palm tree known as “aguaje” (*Mauritia flexuosa* L.), whose species provides environmental services that constitute large carbon stores. However, these are being cut down to dedicate them to agriculture, since in recent years they have undergone a change in use, turning them into areas of cultivation mainly of rice. The purpose of this research was to estimate the carbon stored, in dense and semi-dense stands, mainly in the stem, leaf, and in the soil, this last evaluation was carried out by means of a 25 x 25 cm pit with a depth of 30 cm, within the 5 x 100 m (500 m<sup>2</sup>) plots, where all the largest trees in the palm populations were evaluated.

The plots were randomly located at three evaluation points. To estimate the organic carbon stored in the tree biomass, non-destructive allometric equations were used. The field work was carried out in the months of July, September and November of 2016; arriving to conclude with the results found in the total tree biomass, in the dense stand it was 807,06 Mg ha<sup>-1</sup>, and in semi dense stand of 348,80 Mg ha<sup>-1</sup>, for the litter it was taken in the dense aguajal 401,33 x 10<sup>-6</sup> Mg ha<sup>-1</sup> and semi-dense 61,33 x 10<sup>-6</sup> Mg ha<sup>-1</sup>. With respect to organic carbon in the soil, 6 739,16 Mg C ha<sup>-1</sup> was found in the dense aguajal and in the semi-dense aguajal 1 078,1816 Mg C ha<sup>-1</sup>

Keywords: Aguajal, carbon capture, *Mauritia flexuosa*, biomass, wetlands, litter.

## INTRODUCCIÓN

San Martín (Perú) cuenta con una superficie de 51 796,31 km<sup>2</sup> y políticamente se encuentra dividido en 10 Provincias y 77 distritos. Esta región forma parte de la cuenca del río Huallaga; destacando dos relieves: i) el 92 % constituida por la Cordillera Oriental y la Cordillera Sub Andina; y, ii) el 8 % formada por la Llanura Amazónica (Banco Central de Reserva del Perú [BCR], 2017). Las características geológicas indicaron que se encuentra ubicada en la selva alta. Aquí se distingue una zona morfológica denominada occidental. Esta limita con la vertiente oriental de la Cordillera Oriental de los Andes y presenta topografía accidentada; predomina un clima sub tropical y tropical. En esta zona se distinguen dos estaciones: una seca, de junio a setiembre y otra, lluviosa, de octubre a mayo. La temperatura varía entre 23 °C y 27 °C y la precipitación pluvial media anual es de 1 500 mm (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana [IIAP], 2015).

Los ecosistemas amazónicos son fundamentales para la regulación del ciclo biogeoquímico del carbono a escala planetaria, por su importancia como sumideros y fuentes de CO<sub>2</sub> atmosférico, activando entre el balance de mitigación y emisión. La mitigación se produce por la fijación de carbono en la vegetación por la actividad fotosintética, y su captura en los suelos por los procesos de humificación; mientras que, la emisión se da por la práctica de sistema de uso y gestión inadecuada, como la deforestación y quema incontrolada de bosques (Mette, 2001).

Los aguajales son ecosistemas con predominancia de la palmera aguaje, siendo humedales que juegan un rol importante en el aspecto económico, social y ambiental en la amazonia, está estrechamente vinculada a la vida y la cultura de los pueblos amazónicos (Hiraoka, 1999). La captura o fijación de carbono en los bosques consiste en el proceso de fijación continua natural o artificial de carbono, en los diferentes usos de tierra en los sumideros de carbono (Palomino, 2007).

Los estudios sobre captura de carbono comenzaron a fines de la década de 1990, gracias al apoyo del Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA] y al proyecto de Conservación y Manejo de la Biodiversidad de Ecosistemas Frágiles [BIOFOR]. Uno de ellos es llevado a cabo por Baldoceña (2001) en la zona de Neshuya Curimaná (Pucallpa) donde se obtuvo la tasa de captura de carbono de  $9,26 \text{ Tm C ha año}^{-1}$ ; en ese mismo año, Chambi (2001) realizó la valoración económica de captura de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari de Madre de Dios, demostrando que la captura de carbono genera beneficios económicos para diferentes valores asumidos de pagos por dióxido de carbono almacenado. Posteriormente, Chambi (2001), en las provincias de Loreto y Maynas a través de la formulación de encuestas a los propietarios residentes, realizó un estudio de los servicios ambientales, obteniendo una disposición a pagar por los servicios de captura de carbono en sistemas agroforestales implementados de  $S/ 234,60 \text{ ha}\cdot\text{año}^{-1}$  y  $S/ 159,40 \text{ ha}\cdot\text{año}^{-1}$ , respectivamente. Según el mismo autor, dicha percepción puede haber sido causada debido a la deforestación y a la baja productividad de sus cultivos (Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA], 2001), esta afirmación es sostenida y ratificada en el estudio de Lapeyre, quien en 2003 determinó las reservas de carbono en San Martín, obteniendo que los sistemas de bosques menos intervenidos y evaluados tienen los contenidos más altos de captura de carbono y que los cultivos agrícolas no contribuyen significativamente a la retención de carbono (Lapeyre *et al.*, 2004).

Freitas *et al.* (2006), demostraron en su estudio de investigación de servicios ambientales de la reserva nacional Pacaya Samiria (Loreto), determinaron que la función de los humedales es el almacenamiento de gases de emisiones químicas de los contaminantes dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), así como las posibles opciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante prácticas de conservación y uso racional de estas. En la Región Loreto, existen investigaciones en temas de servicios ambientales de almacenamiento de carbono y secuestro de carbono en ecosistema de aguajal de la Reserva Nacional de Pacaya Samiria. Fleitas *et al.* (2006) agregan que son 598 970 ha de aguajales densos y 372 145 ha de aguajales mixtos, con una retención de 448 273 384,40 Tm de carbono acumuladas.

El presente estudio tiene la finalidad de evaluar la captura de carbono por la palmera *Mauritia flexuosa* en el sector Tangumi de Calzada, San Martín. Mientras que los objetivos específicos estuvieron orientados a estimar la cantidad de carbono capturado en la parte aérea de la palmera *Mauritia flexuosa*, tanto en tallo como en hoja de manera separada, de acuerdo a la densidad del rodal (denso y semi denso); así como conocer la cantidad de carbono capturado en la hojarasca de la palmera de “aguaje”, y estimar el carbono almacenado en el suelo donde prospera la palmera *Mauritia flexuosa*. De acuerdo a la densidad del rodal: denso y semi denso.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la cantidad de carbono capturado por la palmera *Mauritia flexuosa* en el sector Tangumi, Calzada - Moyobamba - San Martín.

### **Objetivos específicos**

Estimar la cantidad de carbono capturado en la parte aérea de los aguajales denso y semidenso del sector Tangumi, Calzada, Moyobamba.

Conocer la cantidad de carbono capturado por la hojarasca producida por la palmera de agua *Mauritia flexuosa*.

Estimar el carbono almacenado en el suelo del aguajal denso y semidenso en el área de estudio.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### a. A nivel internacional

Arévalo (2015), evaluó en un estudio de investigación “Cálculo de carbono del estrato poblado, arborescente en un área del bosque natural Tinajillas, Limón -Indanza- Ecuador”. Los objetivos evaluados fueron; determinación de la composición florística del estrato arbóreo del bosque Tinajillas, cuantificar el volumen de manera existente en el estrato arbóreo del bosque natural, determinación del stock de carbono almacenado en el estrato arbóreo del bosque natural. El enfoque utilizado fue mediante el método cualitativo, el diseño empleado ha sido no experimental, por la aplicación de fórmulas alométricas para los estratos en el bosque natural. La muestra ha estado conformada por 4 parcelas, cada una de 60 x 60 m, localizadas en forma de L, asimismo la población ha obtenido las mismas mediciones de la muestra. Las conclusiones reportadas por el autor en el bosque natural Tinajillas en biodiversidad representaron 22 familias, 27 géneros y 27 especies, el volumen de la madera existente en el estrato arbóreo ha sido representado por  $115\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$  en su mayoría por la familia *Melastomataceae* y la especie *Miconia* que representó  $35\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $23\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente, el  $\text{CO}_2$  almacenado en el área de estudio fue de  $151\text{ Tm ha}^{-1}$  y el volumen arbóreo es de  $141\text{ Tm ha}^{-1}$ . Los ecosistemas naturales son importantes para diversos procesos ecológicos que brindan servicios ambientales a las poblaciones locales, por ejemplo, en Madre de Dios los principales aguajales han sido impactados por la minería aurífera en la siguiente intensidad: impacto alto el 38 %, impacto moderado el 30 %, impacto bajo el 8 % y sin impacto el 23 %. Mientras que en San Martín la búsqueda de nuevas tierras para ampliar el área del cultivo de arroz, constituye una serie amenaza para estos ecosistemas, así como la extracción de frutos por los migrantes, bajo una forma destructiva de los aguajes.

La NASA (2014), mostró las evidencias de los efectos negativos que causan en el clima local y mundial, la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, constituyendo temas. El Protocolo de Kyoto menciona que las emisiones netas de carbono se pueden minimizar de forma simultánea, el incremento de la fuente originaria a la atmósfera los gases de efecto invernadero, por lo cual esos gases son retirados de la atmósfera y depositados en sumideros de carbono asimismo los suelos amazónicos de bosques naturales capturan más dióxido de carbono de la atmósfera y reducen el calentamiento global.

Ruiz *et al.* (2013), investigaron un estudio sobre la evaluación de “Do thinning influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods”. Los objetivos fueron, la disminución de los pinares marítimos mediterráneos en las reservas de biomasa y carbono del suelo, estimación de la captura de carbono por la hojarasca, el enfoque utilizado fue el método cuantitativo, teniendo un alcance de los siguientes valores obtenidos del contenido de carbono por parcela, las cuales fueron: parcela 2 (130,86 kg C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 4 (148,71 kg de C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 8 (104,88 kg C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 12 (69,81 kg de C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 16 (362,78 kg de C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 20 (64,64 kg de C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 22 (103,92 kg de C\*ha<sup>-1</sup>), parcela 24 (94,13 kg de C\*ha<sup>-1</sup>) y parcela 25 (93,86 kg de C\*ha<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron valores del carbono presente en parcelas no diluidas obtuvieron, 313 Mg\*ha<sup>-1</sup>, en parcelas moderadas diluidas en carbono presente obtuvieron, 256 Mg\*ha<sup>-1</sup> y en el caso de parcelas muy diluidas obtuvieron, 234 Mg\*ha<sup>-1</sup>. Concluyendo que estos compartimientos de parcelas pueden usarse como mitigación de los efectos de cambio climático global, estos resultados del estudio representan una pequeña fracción del carbono total para este hábitat

#### **b. A nivel nacional**

Cabudivo (2017), realizó un estudio sobre el “almacenamiento de CO<sub>2</sub> y la producción de oxígeno de los árboles urbanos de la Av. Abelardo Quiñones – Distrito San Juan Bautista, Loreto- Perú, 2016”. Los objetivos fueron; determinar el secuestro de CO<sub>2</sub>; cuantificar la producción de oxígeno de los árboles urbanos en distintas clases diamétricas. El enfoque utilizado fue cuantitativo, mediante el diseño descriptivo correlacional, la población estuvo conformada por todos los árboles y palmeras que forman el área verde de estudio, equivalente (10 m ambos lados) con un área total de 15 ha y una superficie de 150 000 m<sup>2</sup>,

donde la muestra ha sido igual a la población. Las técnicas e instrumentos en la recolección de datos empleados fueron, inventario de especies, cálculo de la biomasa, cálculo del almacenamiento de carbono, cálculo del secuestro de dióxido de carbono y el cálculo de la producción de oxígeno. Identifico 17 especies con 418 individuos, correspondientes a árboles y palmeras, con diferentes clases diamétricas, los resultados reportados obtuvieron un alcance total de 119,03 toneladas de biomasa, secuestran 217,87 toneladas de CO<sub>2</sub> y producen 158,59 toneladas de oxígeno el cual ha consistido en inventariar los árboles y palmeras del área de estudio. Concluyendo con un total de biomasa de 85,57 Mg\*ha<sup>-1</sup>, el carbono de 42,79 Mg\*ha<sup>-1</sup>; mientras que el CO<sub>2</sub> secuestrado es de 197,46 Mg\*ha<sup>-1</sup>.

Mitidieri (2014) realizó un estudio de investigación en “Reservas de carbono y composición florística en dos parcelas de 0.5 ha en bosques pantanosos aguajales cercanos a las comunidades Quistococha y San Jorge en Loreto, Perú”. Los objetivos fueron, conocer las reservas de carbono sobre el suelo (biomasa arbórea en pie y hojarasca) y la composición florística en dos parcelas de 0.5 ha en bosques pantanosos “aguajales” cercanos a las comunidades de Quistococha. Los resultados obtenidos sobre reserva de carbono en la hojarasca) son exploratorios y tratan de dar una aproximación sobre el contenido de carbono en este componente. La reservas obtienen un valor de carbono en la hojarasca, el cual es 1,178 Mg C ha<sup>-1</sup> mayor que 1,73 Mg C ha<sup>-1</sup>. De esta forma Concluyó que la hojarasca representa una pequeña fracción de la reserva de carbono total sobre el suelo; por ejemplo, en el lado central de la cuenca amazónica, los bosques albergan en promedio 3,745 Mg C ha<sup>-1</sup> de hojarasca y representan el 1,9 % de la biomasa total sobre el suelo. En los últimos años las actividades humanas han producido un exceso de gases de efecto invernadero principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (NO<sub>2</sub>), que están potencialmente calentando el clima de la tierra, un proceso conocido como cambio climático.

Un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2012) sobre la “Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de la comunidad nativa Eseésja de Infierno. Madre de Dios, Perú”, menciona que el análisis espacial del carbono forestal es muy útil para comprender la ecología y distribución del carbono en la Amazonía peruana. Permitiendo diferenciar la variación de los stocks de carbono en el bosque a una

escala de una hectárea, el estudio reporta que los bosques con mayor contenido de carbono se ubican en las regiones de selva baja y sub montaña del Amazonas, según los reportes de Arango (2011), citado en el estudio del Ministerio de Agricultura [MINAGRI] (2012), los Resultados encontrados coinciden con los promedios de carbono a nivel de estrato que se describen en el presente documento, los que son: para el estrato aguajal mixto con 27 084,8 Tm de C ha<sup>-1</sup>, en el estrato aluvial inundable 588 252,7 Tm C ha<sup>-1</sup>, en el estrato de terraza baja 1 475 447,4 Tm C ha<sup>-1</sup> y el estrato de terraza disecada con 932 386,4 Tm C ha<sup>-1</sup>. Como muchas de estas investigaciones, constituye un potencial muy grande para el esfuerzo nacional e internacional de mitigación del cambio climático, mediante la conservación y la preservación de los bosques, aún más, si se considera también otros reservorios, como el carbono orgánico del suelo y la necro masa para el Inventario Nacional Forestal (INF).

El Ministerio del Ambiente [MINAM] (2010), indica que también existen estudios de carbono explícitos realizados a nivel global, los cuales han sido preparados mediante sensores remotos y modelos desarrollados con información global. En los últimos años, en el marco del convenio entre el Ministerio del Ambiente y el Instituto Carnegie, han desarrollado un análisis experimental conducido por el MINAM sobre la geografía del carbono aéreo en la Amazonía peruana, la misma que validaron y categorizaron como modelo de parcelas generadas en el territorio nacional. La palmera de aguaje *Mauritia flexuosa*, es una de las especies adaptadas a crecer en áreas inundadas en la Amazonía.

Es una especie proveedora de servicios ambientales, debido a que almacenan cerca de 1 800 Tm ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>, los frutos son altamente demandados por los pobladores de la región y su comercialización genera una cadena de valor (Salazar, 2010). El [MINAM] (2010), señaló que el Perú forma parte del Convenio tratado, Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) desde el año 1992, asumió el compromiso de informar a las partes sobre las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI). Por lo tanto, el MINAM, como autoridad ambiental nacional y punto focal del cambio climático, ha generado dos comunicaciones nacionales sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI), que incluyen datos de emisiones y remociones de los sector uso de suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS); hasta el momento, dichas comunicaciones basan sus reportes en factores de emisión por defecto, que figuran en las

directrices revisadas en 1996, del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que aplican a ecosistemas globales.

Ureta (2009), realizó una evaluación mediante un estudio de investigación “Incompatibilidades Altitudinales de contenido del CO<sub>2</sub> y la biomasa arborescente, extenso de un gradiente altitudinal, en un Bosque Montano (BM) y un Bosque Amazónico (BAM) dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH), Pasco, Perú. El objetivo trascendental fue indagar el valor y la existencia del CO<sub>2</sub> adherido en espacios naturales salvaguardadas como el aguaje (*Mauritia flexuosa*), comenzar su auto sustento, establecido en el concepto de retribución por acumulación de CO<sub>2</sub>. La investigación fue aplicada mediante el enfoque del método cualitativo, teniendo como alcance la vegetación que asciende a 115,40 Tm ha<sup>-1</sup> en el aguajal denso y 88,50 Tm ha<sup>-1</sup> en el aguajal mixto. Asimismo, una evaluación de captura de carbono en aguajales de la Reserva Nacional Pacaya-Samaria, alcanzó como resultado 131 188,76 Tm ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> la fijación y almacenamiento de carbono en aguajales densos alcanzó 81 599,47 Tm ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en los aguajales mixtos de 299 198,05 Tm ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>.

Chávez *et al.* (2005), realizaron un estudio de evaluación en “Tree allometry and improved stimulation of carbon stocks and in forests. Oecologia.”. Tuvieron como objetivo principal, la estimación de la biomasa arbórea mediante ecuaciones alométricas que incluye diámetro y densidad de la madera, el enfoque utilizado fue mediante el método cuantitativo, consistió en inferir cambios a partir de parcelas de inventario forestal, encontraron los resultados que la biomasa arbórea en promedio para un bosque montano (BM) es de 129,32 Tm ha<sup>-1</sup> y para un bosque amazónico (BAM) es de 202,24 Tm ha<sup>-1</sup>, registrándose valores de contenido de carbono: en 64,66 Tm C ha<sup>-1</sup> para BM y 101,12 Tm C ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La superficie del PNYCH, a excepción de los pajonales, contribuye tanto en contenido de carbono con 30 541 597,84 Tm C ha<sup>-1</sup>, y el valor monetario agregado puede alcanzar hasta los 935 557 977,8 dólares americanos.

### c. A nivel regional

Una forma de mitigar los problemas de CO<sub>2</sub> además de reducir las emisiones, es secuestrarlo y mantenerlo el mayor tiempo posible en la biomasa, a través de la fotosíntesis. De esta manera los bosques juegan un papel predominante en el ciclo global (C) actuando como un regulador climático. Freitas *et al.* (2006) citado por Lyders (2017), realizó una investigación sobre la “Captura de carbono mediante estimación de biomasa aérea y necromasa en la zona de aguajales del Alto Mayo, Sector Tángana - Moyobamba, Perú-San Martín”, los objetivos fueron, determinar la cantidad de carbono almacenado por la biomasa presente en el ecosistema del aguajal y estimar el carbono fijado por la necromasa en un ecosistema de aguajal. Dicho estudio utilizó un diseño de estudio experimental, y el enfoque del método descriptivo analítico para la estimación del carbono almacenado, la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado (Tm ha<sup>-1</sup>) para la estimación de carbono, identifico la población de árboles del estrato elegido en la reserva natural que tiene 3460 ha de área de conservación, la muestra fue realizada por todos árboles que se encuentran en una parcela (1ha) realizó un tipo de muestreo probabilístico, con finalidad de obtener muestras representativas del área de estudio. Los resultados alcanzados por el autor en la biomasa aérea de un ecosistema de aguajal denso, ha sido un promedio total de (484, 52 (Tm ha<sup>-1</sup>) y en los aguajales mixto (424, 72 Tm ha<sup>-1</sup>) corroborando que los aguajales densos tienen la mayor cantidad de carbono almacenado, por lo que la biomasa viva, la necromasa y el suelo, obtuvieron una medición directa de la biomasa en 16 y 18 palmeras apeadas, generando una ecuación de regresión de la altura total del árboles para saber específicamente la biomasa total del ecosistema.

Mestanza y Rivas (2013), realizaron un estudio de investigación “Cuantificación de los servicios ambientales de secuestro de carbono en *Mauritia flexuosa*, en el predio estatal denominado zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZOCRE), humedal del alto Mayo, sector Tingana- Moyobamba -2013”. Los objetivos fueron, elaborar el inventario del bosque de aguajal de la ZOCRE, determinar la biomasa de bosque de aguajales de la zona de estudio y cuantificar el secuestro de carbono por los bosques de aguajales. El enfoque utilizado fue mediante el método directo, porque se realizó el apeo de la palmera para mediciones directas, el diseño empleado fue orientado, obteniendo una población comprendida por 300 plantas por ha en bosque denso y en semi denso 140 plantas de aguaje

por ha, la muestra ha sido inventariado con 2 parcelas, cada una con una distancia de 50x50(2500m<sup>2</sup>). Realizó el apeo de las palmeras más representativas de cada parcela para obtener los datos de biomasa aérea y la biomasa del estipete, biomasa de las hojas y biomasa de las raíces, alcanzando los resultados de materia orgánica 75,13 % en el aguajal denso, y 76,81 % en el aguajal mixto, reconociendo la importancia de los aguajales al proporcionar el servicio ambiental de secuestro de carbono en ecosistemas de aguajales.

Lapeyre *et al.* (2004), realizaron un estudio de investigación “Evaluación de los stocks de CO<sub>2</sub> de la biomasa arbórea en distintos sistemas de uso de la tierra en San Martín.-Perú”. La metodología utilizada fue mediante el método cuantitativo. Para la determinación del carbono en los diferentes sistemas agroforestales utilizaron los sistemas más frecuentes y de mayor importancia, las muestras de variación fueron de 30 por ciento para sistemas agroforestales y el 20 % para sistemas agrícolas sistemas de bosques menos intervenidos y evaluados, alcanzaron los contenidos más altos de captura de carbono, para el bosque primario un promedio total de 485 Tm C ha<sup>-1</sup> y para el bosque secundario indicando un valor de (100%), valor que se llegara a reducir si se deforestaría, y para los cultivos agrícolas llegando a obtener los valores muy bajos de menos de 5 Tm C ha<sup>-1</sup> equivalentes a (1%), esto es significativamente en la retención de carbono. Mejía (2000), mencionó que, en el departamento de Loreto, existen 2 893 200 ha de áreas pantanosas y 893 000 ha de aguajales densos y 372 145,5 ha de aguajales mixtos, pese a ser considerados como ecosistemas frágiles, son proveedores de beneficios importantes para los pobladores de la Amazonía, por lo que es necesario considerar su manejo sostenible. Las áreas inundables presentan numerosos y variados ecosistemas donde se produce el desarrollo de importantes recursos, estos ecosistemas son los llamados “aguajales”, donde se desarrolla mayormente la especie *Mauritia flexuosa*.

Según Alegre (2000), los ecosistemas amazónicos son grandes almacenes de carbono poseen una alta concentraciones de biomasa y diversidad de especies dado a la gran problemática que se suscita por efecto de la deforestación, quema y otros usos se está perdiendo la cantidad de carbono almacenado en la vegetación. Además agrega que, desde 1990 al año 2000 la superficie deforestada en el mundo ha sido de 132 millones de hectáreas, sin embargo, el

área total recuperada mediante actividades de reforestación ha sido de 33 millones de hectáreas, quedando aún una superficie de 99 millones de hectáreas. En la actualidad las reservas de carbono se están disminuyendo consideradamente por factores que incluyen la mala gestión de recursos y por aprovechamiento desmesurado que se viene dando en todo el mundo, tal como señala Lyders (2017).

El aguaje es una palmera arborescente de un solo tallo, sin espinas, logra alcanzar los 25 a 30 metros de altura en su estado adulto. Se desarrolla en suelos inundados o con mal drenaje para lo cual tiene el sistema radical adaptado a este hábitat hidromórfico. Villa Chica (1996), citado por Béjar (2014), explica que el lugar donde crece el aguaje es muy variado, desde tierras bajas inundadas permanente o estacionalmente, hasta los terrenos bajos de tierra firme; desde suelos pantanosos hasta fértiles, pasando por suelos arenosos; desde el nivel del mar en la costa Atlántica hasta los 1 000 m.s.n.m., en la ladera de los Andes; por lo que se puede afirmar que el aguaje es una palmera con amplia plasticidad fisiológica (Rojas, 2000) referido por Bejar, 2014. Alegre (2000), citado por Gonzales y Noriega (2005, p. 16), indicaron en un estudio realizado de “Plan de manejo forestal de *Mauritia Flexuosa* (aguaje) en la reserva Nacional Pacaya Samiria”. Los objetivos fueron: Definir participativamente los lineamientos de manejo para el aprovechamiento sostenible de aguaje, recuperar la capacidad productiva de áreas cercanas a la comunidad, afectadas por anteriores prácticas extractivas, para disminuir progresivamente la presión sobre áreas más interiores sobre las reservas y mejorar las condiciones económicas de la población, las capacidades locales de la población y el manejo forestal de bajo impacto. Mencionaron que, algunas especies de palmeras están muy relacionadas a los ríos, lagunas y áreas inundables; como el aguaje, que soporta una inundación permanente de su sistema radicular y crece en suelos no organizados en horizontes que resultan de la materia orgánica poco descompuestas en agua, afirmando que es la más acuática de las palmeras amazónicas que ha conquistado los pantanos de la Amazonía.

Mejía (1992), citado por Mestanza y Rivas (2013), señala que el “suri” (*Rhynchoporus palmarum*) larva que se desarrolla cuando las palmeras son cortadas y dejadas en el bosque, sirve como alimento para las personas, son recolectados para consumirlas fritas, o asadas

también se le extrae el aceite friéndolas; el “aguaje” predomina en la zona baja de San Martín, cerca de las provincias de Moyobamba probablemente sea originaria de zonas ribereñas de los ríos Huallaga, Marañón y Ucayali, estas palmeras crecen de manera simultánea; son conservadas para el aprovechamiento del fruto, el cual beneficia a las poblaciones del departamento de Loreto, Ucayali, Huánuco y San Martín, esta especie también se encuentra distribuida en otros países como; Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela, y Guyana; esta palmera se desarrolla en climas tropicales calurosos con suelos permanentemente o temporalmente inundados. Crecen en ecosistemas típicos denominados aguajales, donde los pobladores distinguen dos tipos de ecosistema: una llamada formación mixta de aguaje, conocida como “sacha aguajal” y la otra una formación casi pura de aguaje, conocida como “aguajal”. Donde se desarrolla mayormente la especie de *Mauritia flexuosa*, localizadas entre los depósitos aluviales abandonados por los ríos y el agua que fluye de los pantanos de esta especie es “agua negra” cargada de ácido úrico, producto de la descomposición de la materia vegetal.

#### **d. A nivel local**

La Municipalidad Provincial de Moyobamba (2004), mediante reunión del consejo citó para el 2002, la elaboración de los expedientes técnicos para la creación de 15 áreas de conservación Municipal, lograron ser aprobadas mediante Ordenanza Municipal, fueron: (1) Aguajal Avisado I con 53,66 ha, (2) Aguajal Avisado II de 590,51 ha, (3) Laguna Castilla de 8,69 ha, (4) Baños sulfurosos con 9,86 ha, (5) Almendra con 1 620,95 ha, (6) Almendra de San José del Alto Mayo con 221,51 ha, (7) Aguajal Renacal con 83,15 ha, (8) Las Cataratas de Viña de los Alpes con 81,22, (9) Quilloalpa de 919,96 ha, (10) Aguajal de la Primavera de 101,65 ha, (11) Mishquiyacu-Rumiyacu con 864,86 ha, (12) Juningullo la Mina con 6 174,34 ha, (13) Paz y Esperanza – Cachiyacu de 1 609,25 ha, (14) Sugllaquiro con 1 725,25 ha, y (15) la Asociación Hídrica Aguajal Renacal de 3 479,79 ha.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Captura de carbono en los humedales**

La acumulación neta de carbono (C) en los humedales resulta de la productividad primaria y la deposición o acumulación de sustancias orgánicas alóctomas, menos la descomposición de materia orgánica en el suelo. Este balance, determina si un humedal actúa como fuente de gases invernadero o como trampa de carbono. Los humedales pueden ser considerados como sumideros de CO<sub>2</sub>, ya que este gas es tomado de la atmósfera y convertido a carbono orgánico por las plantas a través del proceso fotosintético en algunos humedales naturales de las zonas tropicales, las cuales son altas, comparados con las productividades de otro tipo de ecosistemas, como las selvas amazónicas (8,5 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y los bosques tropicales (6 Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) (Neue *et al.*, 1997).

### **1.2.2. Alcances de los sumideros de carbono**

La vegetación, a través de los ciclos elementales de la fotosíntesis, transforma energía solar en energía química absorbiendo CO<sub>2</sub> del aire, para fijarlo en forma de biomasa, y liberar a la atmósfera oxígeno O<sub>2</sub>. Los bosques, en particular, siguiendo ese ciclo bioquímico, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C) puesto que: (a) Intercambian carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y respiración. Son fuentes de emisión cuando son perturbados por causas naturales o antrópicas, (b) Almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico), y por tanto son sumideros (transferencia neta de CO<sub>2</sub>) del aire a la vegetación y al suelo donde son almacenados) cuando favorecen su crecimiento y desarrollo del aire a la vegetación y al suelo, donde son almacenados), cuando se favorece su crecimiento y desarrollo (Baldoceca, 2001).

### **1.2.3. El ciclo de carbono**

El ciclo del carbono (Figura 1) empieza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico a través de los procesos de fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO<sub>2</sub> y el agua reaccionan para formar carbohidratos, y así constituir parte de la biomasa de las plantas (tallos, hojas y frutos, etc.) y como resultado del proceso se

libera oxígeno a la atmósfera. Las plantas y animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como consecuencia que el carbono de sus tejidos se oxide a CO<sub>2</sub> y vuelva a la atmósfera (Dávila, 2014).

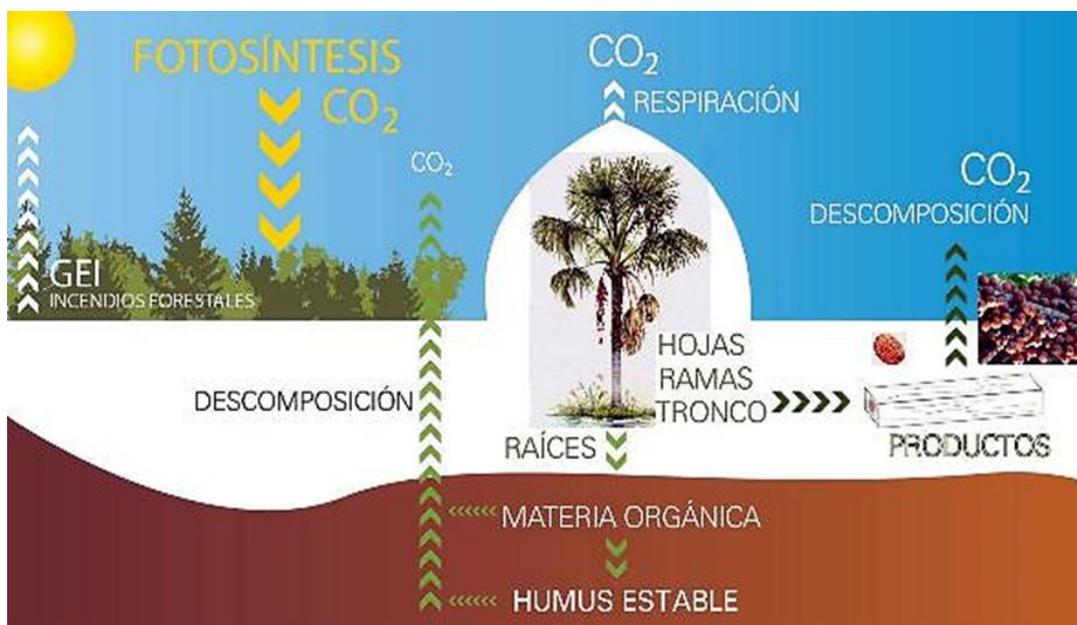


Figura 1. Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre. Fuente: Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP, 2012).

#### 1.2.4. Componentes de un ecosistema de aguajal

El ecosistema de aguajal está compuesto por palmeras, árboles y otra vegetación leñosa que desarrollan juntos de manera más o menos densa. Los ecosistemas de aguajal se ubican desde la llanura amazónica hasta los 900 m.s.n.m., aproximadamente. Estos ecosistemas están conformados por diferentes especies de flora como las palmeras, malváceas, meliáceas, moráceas y fabáceas en territorios temporal o permanentemente inundados, producto de los desbordes que generan los ríos durante su creciente por las lluvias. Los suelos donde se desarrollan los aguajales son pobres en drenaje y con abundante materia orgánica (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015). Estos ecosistemas están conformados principalmente por individuos de *Mauritia flexuosa* en toda la Amazonía. Los aguajales formaron zonas inundables de mal drenaje donde crecen las palmeras como *Mauritia flexuosa* que produce frutos de consumo directo. Los ecosistemas de aguajales tienen gran importancia tanto para la alimentación del ser humano como para la fauna silvestre de la selva. También cumple un papel importante como sumideros de carbono. La Amazonía Peruana cuenta con más de 6 millones de hectáreas de ecosistemas de aguajal, de ellos la mitad corresponde a aguajales

puros de *Mauritia flexuosa* encontrado una cantidad de 205 individuos ha<sup>-1</sup> lo que represento un enorme servicio ambiental debido a la captura de CO<sub>2</sub> de la valorización de los stocks de CO<sub>2</sub> de la biomasa arbórea en distintas técnicas de uso de la tierra en San Martín [MINAM], 2015).

### **1.2.5. Interacción de los humedales**

#### **a. Función de los humedales**

Según Lyders (2017), las interacciones de los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal, como los suelos, el agua, las plantas y los animales, hacen posible que desempeñe muchas funciones vitales como el almacenamiento de agua, protección contra tormentas y mitigación de crecidas, estabilización de costas y control de la erosión, descarga de acuíferos (movimiento descendente de agua del humedal al acuífero subterráneo), (movimiento ascendente de aguas que se convierten en aguas superficiales en un humedal), depuración de aguas, retención de nutrientes, retención de sedimentos, retención de contaminantes, estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura.

#### **b. Fijación de carbono**

Dávila (2014), citado por Vilca (2017), señala que el almacenamiento y fijación de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. El almacenamiento de carbono varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos, así como también la densidad poblacional de cada estrato y por comunidad vegetal. Asimismo, Béjar (2014), citado por Vilca (2017), señala que el CO<sub>2</sub> almacenado en la biomasa de las plantas es el resultado de la resta entre el CO<sub>2</sub> atmosférico capturado durante la fotosíntesis y el CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es empleada en la composición de la biomasa de la planta; por lo que, mientras mayor sea la generación de biomasa de esta, mayor cantidad de carbono fijado y CO<sub>2</sub> almacenado.

### **c. Importancia de un sumidero de carbono CO<sub>2</sub>**

Sumidero es cualquier proceso o mecanismo que absorbe un gas de efecto de invernadero o precursor de un gas de efecto de invernadero. Los ecosistemas naturales juegan un papel significativo en el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, los bosques absorben CO<sub>2</sub> (la vegetación intercambia CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y la biosfera mediante la fotosíntesis y la respiración) por medios naturales y van fijando el carbono en su biomasa. Por ello, se le considera como principal sumidero de carbono. Por otra parte, el sumidero de carbono es el instrumento flexible del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), ya que juegan un papel significativo en almacenamiento de carbono al proveer una protección ambiental más efectiva (Arango, 2011). Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC] (2007), citado por MINAM (2010), los bosques son ecosistemas que ofrecen un importante potencial como sumideros de carbono. Los sumideros naturales de carbono como los bosques, rescatan el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo integran a su estructura.

### **d. Biomasa**

La biomasa forestal se define como el peso estimación equivalente de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima o de bajo del suelo. La biomasa de un árbol está distribuida en los siguientes componentes: el fuste, ramas, hojas que corresponden a la biomasa aérea y la biomasa subterránea con los componentes de corteza, raíces, hojarasca y materia orgánica en descomposición. La biomasa tiene una especial importancia debido a que permite conocer las cantidades de carbono almacenado por los árboles y esta se cuantifica en toneladas por hectárea (Bastienne *et al.*, 2000).

### **e. Biomasa aérea**

Constituye toda la biomasa viva vegetal encontrada sobre el ras del suelo, la cual principalmente está compuesta por la estructura de todas las especies vegetales vivas presentes como tallos, hojas, ramas, flores, no se incluyen la hojarasca y demás materia en descomposición (Rugnitz *et al.*, 2009). En la zona de estudio esta biomasa aérea está conformada por las palmeras de la familia *Arecaceae*.

## **f. Métodos para determinar la biomasa aérea**

### **Método directo**

Permite cortar los árboles para realizar el pesado en fresco, tanto de ramas, troncos, frutos para estimar su volumen; prontamente se toma muestras las cuales serán llevadas a laboratorio para determinar el carbono en peso seco. Este método se caracteriza por ser más costoso y requiere mayor tiempo para realizar el trabajo (Mestanza y Rivas, 2013).

### **Método indirecto**

Consiste en realizar observaciones en campo y medir las alturas y diámetros de los árboles, para luego insertarlas en fórmulas y mediante estas estimar la biomasa de una especie forestal de manera no destructiva. Este método requiere poca inversión y poco tiempo (Mestanza y Rivas, 2013).

#### **1.2.6. Fórmulas alométricas**

Rugnitz *et al.* (2009) señala que una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permita conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de la altura, diámetro y tamaño de la copa del árbol. Una ecuación alométrica es una fórmula que precisa formaliza de forma cuantitativa dicha relación. El uso de ecuaciones alométricas permite la estimación en la biomasa de una especie forestal de una manera no destructiva y extrapolable. Existen fórmulas alométricas por especie, por grupos de especies y por estrato de bosque (Honorio y Baker, 2010).

#### **1.2.7. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

Los árboles fueron medidos a través de la corteza, a la altura del pecho (1,30 m) denominándose a esta medida como DAP, que es una medida estándar muy común y elemental, requerida en mediciones forestales en todo el mundo. Las mediciones de DAP fueron utilizadas para calcular el área basal, volumen de madera y biomasa aérea de cada árbol Arévalo, 2015).

### **1.2.8. Área basal**

Es un área transversal de un árbol identificada con una medida a la altura del pecho (DAP 1,3.m) es una medida muy precisa para árboles por unidad de superficie, permite medir la cobertura vegetal de la comunidad por estrato y por especie (Vilca, 2017).

### **1.2.9. Cambio climático**

Los factores que están perjudicando el clima son consideradamente muy peligrosos para la biodiversidad tales son temperatura, precipitaciones y la elevación del nivel del mar estas variaciones están propiciando cambios a la atmósfera como el clima y la vegetación (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático [IPCC], 2002).

### **1.2.10. La Convención Ramsar sobre los humedales**

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a este mismo. La capa freática se halla en la superficie terrestre, cerca de ella o donde la tierra, está cubierta por aguas poco profundas. De esta manera, existen tierras con zonas generalmente planas. En la que la superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando escaso de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

La Convención sobre los Humedales de 1971, conocida como Ramsar, es un tratado intergubernamental cuya misión es “la conservación y el uso racional de todo el humedal mediante acciones locales y regionales con la participación a la cooperación internacional, como contribución al logro al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”.

## **CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación fue de tipo descriptivo y no experimental, porque solo se utilizó aplicaciones alométricas con datos dasométricos de los árboles de aguajal para alcanzar los objetivos planteados. La investigación está basada en la recopilación información de campo, en análisis de laboratorio y análisis de datos. El estudio se realizó entre los meses de julio-noviembre del 2016 y la fase de gabinete y procesamiento de datos fue hasta el mes de agosto del año 2017.

#### **2.1.1. Lugar y fecha de ejecución**

##### **- Lugar**

Este trabajo se realizó en el sector Tangumi Provincia de Rioja-Región San Martín, dentro del Área de Conservación Municipal, Asociación Hídrica Aguajal Renacal (Moyobamba), creada y establecida por Ordenanza Municipal N° 066 con resolución directoral N°175-97-CTAR-RSM/DRA-SM de fecha 25 de junio de 1997. El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de Calzada, provincia de Moyobamba departamento de San Martín. Según la sectorización para distritos establecidos por la Autoridad Nacional Agua (ANA), el área de estudio pertenece al sector de riego Soritor y a la Comisión de Regantes de Rioja entre las provincias de Rioja y Moyobamba.

##### **- Fecha**

El desarrollo del estudio de investigación inicio el 26 /07/2016 y finalizo el 31/07/2017.

El departamento de San Martín, tiene una superficie total del área boscosa es de 3 553 642 ha (72,45 % del bosque original), estas áreas se encuentran en zonas montañosas. La superficie deforestada en el año 1990, fue de 1 351 158 has, muchas de estas áreas han sido usadas para la producción de cultivos anuales, pastos, sistemas perennes y en algunos casos groforestería. Estos sistemas de uso de la tierra han reducido la capacidad de capturar o fijar carbono (IIAP, 2015).

Respecto al clima de la zona de estudio se trabajó con datos de las estaciones meteorológicas de Rioja, que cuentan con registros de precipitación y temperatura más constante correspondiendo a la data de temperatura de los últimos 20 años y 27 años para precipitaciones (Tabla 1). Los registros muestran dos tipos de bosque: bosque húmedo Pre montano Tropical (bh-PT) y bosque subtropical, semi húmedo, corroborando que la temperatura media mensual es de 22,9 °C y la precipitación media anual es de 1525 mm, indica la relación entre la mayor cercanía de las montañas del margen derecho, la temperatura disminuye y la precipitación aumenta, encontrándose a 1400 m.s.n.m, teniendo temperaturas medias anuales de 18 °C y precipitaciones anuales de 2200 mm (Mette, 2001), el área de estudio se ubica entre ambos puntos de medición, por lo cual se puede asumir que tanto la temperatura como la precipitación en el área de estudio se ubican entre estos valores mencionados (Spittler *et al.*, 2002).

Tabla 1

*Datos meteorológicos de Rioja (Promedio de 10 años: 2005-2014)*

MESES	PRECIPI- TACIÓN	TEMPERATURA			HUMEDAD RELATIVA	NUBOSI- DAD
			(°C)			
	(mm)	Máxima	Media	Mínima	(%)	(h)
<b>Enero</b>	189,30	28,90	23,70	20,00	81,90	3,57
<b>Febrero</b>	124,40	28,30	23,30	19,50	82,20	3,35
<b>Marzo</b>	335,60	28,60	23,40	18,30	84,20	3,49
<b>Abril</b>	139,20	29,00	23,40	17,80	83,40	3,19
<b>Mayo</b>	130,80	29,00	23,50	19,50	80,90	3,10
<b>Junio</b>	136,60	28,00	23,30	18,80	82,20	2,99
<b>Julio</b>	78,30	28,8	22,60	20,30	81,60	2,71

Continuación

<i>Agosto</i>	104,50	28,90	22,80	20,40	78,60	2,97
<i>Setiembre</i>	69,40	28,00	23,00	18,60	81,30	2,74
<i>Octubre</i>	140,40	28,90	23,10	19,80	80,60	3,02
<i>Noviembre</i>	244,40	31,00	23,70	20,80	80,80	2,86
<i>Diciembre</i>	244,40	31,50	22,90	19,70	83,20	3,09
<i>Prom/Total</i>	1 937,30	29,08	23,23	19,46	81,74	3,09

Fuente: Sistema Nacional de Meteorología y Hidrografía [SENAMHI] (2014).

### Ubicación geográfica

UTM Este X	:	265089 m E
UTM Norte Y	:	331874 m N
Altitud	:	840 m.s.n.m.

### Ubicación política

Departamento	:	San Martín.
Provincia	:	Moyobamba
Distrito	:	Calzada.
Comunidad	:	Sector Tangumi.
Valle	:	Alto Mayo.

#### 2.1.2. Materiales

Los materiales utilizados para el desarrollo de la investigación fueron:

- Calculadora científica
- GPS
- Eclímetro
- Brújula
- Cinta métrica de 30 m
- 1 libretas de campo
- 6 rollos de rafia
- Bolsas de papel
- Engrapadora
- Etiquetas

### **2.1.3. Descripción de la investigación**

La investigación se desarrolló, en el Sector Tangumi que corresponde a la provincia de Moyobamba, ubicado en la margen derecha del km 457 de la carretera Fernando Belaunde Terry, aproximadamente a 10 minutos en motocicleta de la ciudad de Rioja en dirección a la ciudad de Moyobamba, se evaluó la alometría de los árboles de aguajal para alcanzar los objetivos que se han plantado, como referencia se tomó en cuenta la publicación de indagación de (Vilca, 2017).

Seguidamente, se muestra de forma específica las diferentes fases que se involucraron en la investigación desarrollada:

#### **Fase preliminar**

Reconocimiento del área del estudio, se realizó el recorrido del área con los pobladores y en compañía del asesor, para definir el área del ecosistema de aguajal. Posteriormente se elaboró el plano, del área de la ubicación con los puntos de muestreo identificados (Figura 2).

La georreferenciación del área de estudio se hizo con la utilización de un GPS Garmín, ubicando los puntos donde se realizarían los muestreos posteriores.

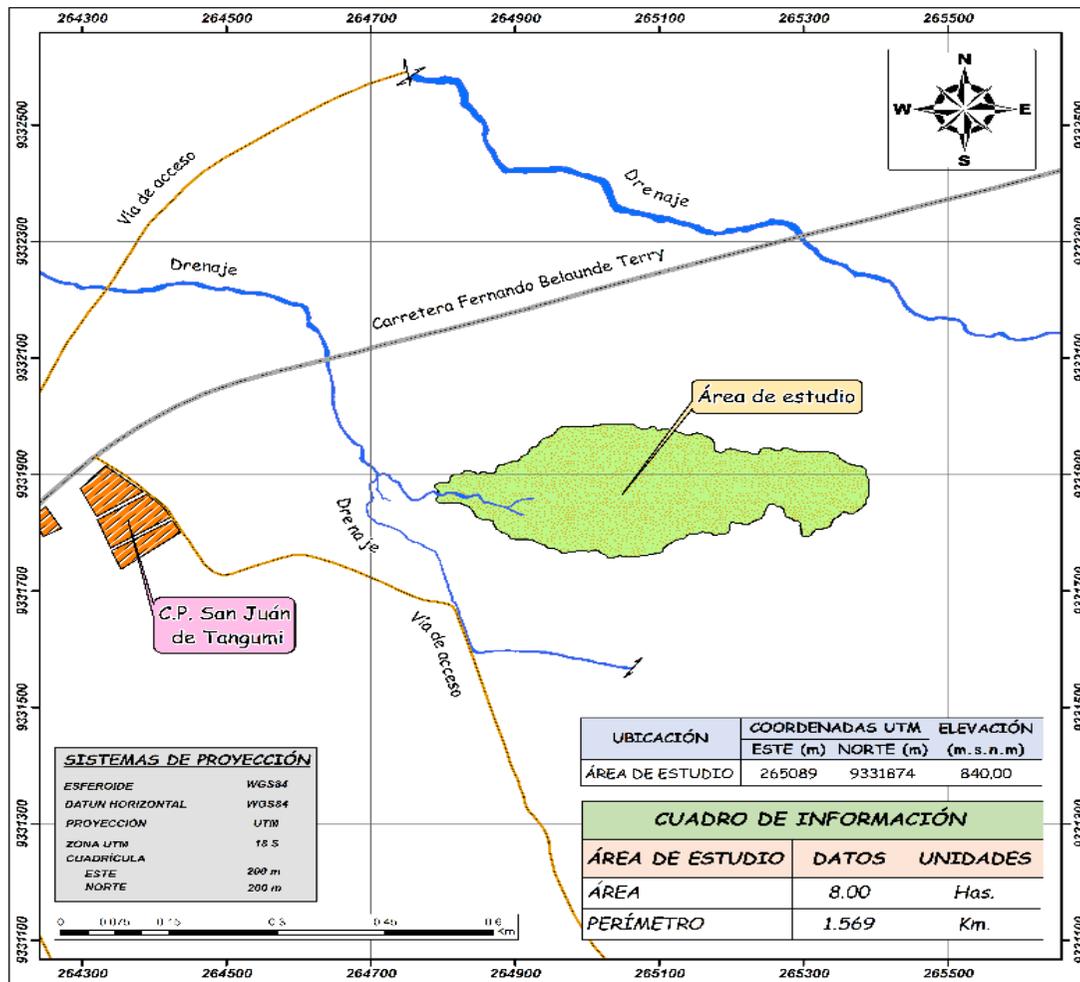


Figura 2. Identificación y ubicación del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia (2020).

## **Fase de campo**

En la fase de campo se excavó calicatas de acuerdo a los puntos de muestreo, los mismos que se muestran en el mapa base de la zona en estudio. La excavación de la calicata fue de una dimensión de 20 x 20 cm de lado y 20 cm de profundidad, en ambas parcelas (densa y semi densa) y en cada muestreo. Asimismo, la biomasa aérea fue colectada dentro del punto de muestreo, en la parcela semi densa se obtuvo la biomasa aérea de 15 individuos, mientras que en la parcela densa se colectó de 30 individuos.

Una de las actividades de la fase de campo fue la recolección de las hojas de aguaje en los puntos de muestreo definidos y las densidades identificadas en el área. Las hojas de las palmeras colectadas fueron secadas, pesadas y evaluadas para obtener la biomasa aérea. Asimismo, el levantamiento de la información gasométrica de los individuos existentes en las áreas pre seleccionadas para muestreo.

## **Fase de laboratorio**

En esta fase se analizó las características físico-químicas de las muestras de suelo y el porcentaje de humedad en las muestras de las hojas recolectadas en la fase anterior, considerándose todas las variables a estudiar. Los análisis de caracterización del suelo estudiado se ejecutaron en la estancia de Suelos del Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), ubicado en la localidad de Nueva Cajamarca, Región San Martín, de acuerdo a las metodologías establecidas en el D.S. N° 013-2010-AG “Reglamento para la ejecución de levantamiento de suelos”.

El pH fue evaluado mediante el método del Potenciómetro y los resultados expresados en rangos según lo establecido en el Decreto Supremo citado. La determinación del carbono orgánico oxidable se basó en el método de Walkley y Black, que consiste en oxidar los materiales orgánicos del suelo con dicromato de potasio en un medio ácido.

Posteriormente se determinó potasio intercambiable existente en el suelo, el cual fue realizado por el método de fotometría de llama.

Para la determinación del nitrógeno total del suelo se usó el método de micro Kjeldahl, mediante el cual las muestras de suelo fueron sometidas a una digestión ácida, dando como resultado la transformación de todas las formas orgánicas del nitrógeno a N-amoniacal. Luego el nitrógeno fue determinado mediante la destilación por arrastre con vapor. Los resultados se expresan en porcentaje de nitrógeno total del suelo. La conductividad eléctrica (CE) fue determinada por el método del conductímetro, que consistió en preparar un extracto del suelo diluyendo 20 g de suelo en 20 ml de agua, efectuando la lectura correspondiente. Los resultados se expresan en  $\text{mmhos.cm}^{-1}$  o su equivalente actual en  $\text{dS.m}^{-1}$ . La Densidad aparente fue determinada por el método de la Probeta que consistió en relacionar la masa del suelo (peso) sobre el volumen total del mismo y expresado en  $\text{g.cm}^{-3}$  r (Bullón, *et al.* 1990).

### **Fase de gabinete**

En esta fase se realizaron las tabulaciones y el procesamiento de los datos obtenidos tanto en el campo como en el laboratorio, con el fin de hacer la interpretación para luego concluir con la redacción del informe final. La recolección de datos se realizó una vez preparadas las respectivas calicatas, y colecta de las hojas en los puntos de muestreo, dándose énfasis a las propiedades físicas y químicas del ecosistema, que se muestra en el apéndice 2, imagen 6. A continuación, se muestra la caracterización del medio biofísico y también las etapas comprendidas en el desarrollo del estudio, es decir, la caracterización de las áreas donde predominan las palmeras del aguaje procediendo a desarrollar el inventario y la evaluación de biomasa y carbono, tanto en etapa de campo, como en la de gabinete.

El estudio de investigación se desarrolló en los aguajales del sector Tangumi, en dos parcelas, una considerada densa y la segunda semi densa, a través de dos métodos: destructivo y no destructivo, los cuales consistieron en la determinación y estimación de la biomasa de *Mauritia flexuosa*.

#### **a. Método no destructivo**

Consiste en la estimación de la biomasa con datos dasométricos tomados en el campo mediante un inventario forestal realizado en el ecosistema y la información que se obtuvo con los datos dasométricos, el pesaje y la determinación de materia seca en estufa.

#### **b. Método destructivo**

Consiste en cortar el individuo para realizar la evaluación de forma directa, lo que permite separar el árbol en varias partes o sectores; (tronco, rama, tallo, corteza, ramillas y hojas). Los sectores fueron pesados para el análisis de muestras que permitirá estimar el volumen de la biomasa, tasa de humedad y tasa de carbono. Un análisis de tronco y tallo se efectuó en paralelo. Después, el árbol fue desraizado y sus raíces fueron pesadas. Con los datos obtenidos, se elaboró las tablas de las dimensiones de cada individuo o palmera y se determinó las cantidades de carbono según sus diferentes densidades.

### **2.1.4. Población y muestra**

#### **Población**

El área de estudio ha sido sectorizada en dos partes: bosque denso caracterizado por tener una población comprendida por 1200 individuos por ha de palmeras “aguajal” *Mauritia flexuosa* y Bosque semi denso, cuya población está constituida por 600 individuos por unidad de superficie en promedio de palmeras de “aguajal” *Mauritia flexuosa*.

#### **Muestra**

El área de estudio está comprendida por ocho hectáreas de suelos hidromórfico denominados “aguajales” por la predominancia de la palmera *Mauritia flexuosa*; en donde se realizó los muestreos en rodal denso de aguajales y rodal semi denso de aguajales. Se recolecto información de las plantas encontradas en cada tipo de bosque, se inventario las parcelas de cada tipo de aguajal, cada parcela con dimensiones de 5 m de ancho x 100 m de largo (500 m<sup>2</sup>), equivalente a 1500 m<sup>2</sup> en las tres sub muestreos en cada rodal (Figura 3).

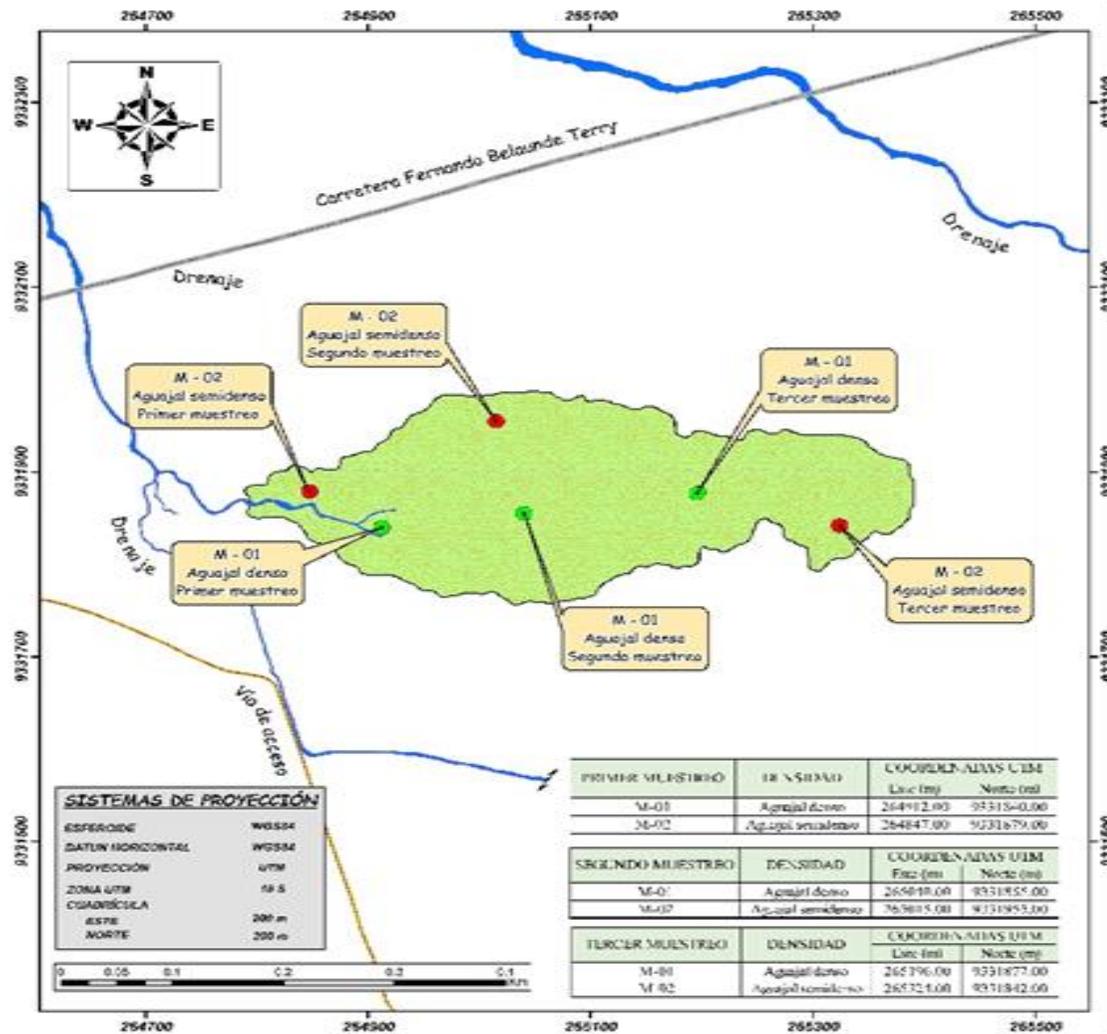


Figura 3. Plano de ubicación y puntos de muestreo del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia (2020)

## Periodo de muestreos

Los muestreos realizados del estudio de investigación en el sector Tangumi, fueron bimestrales por lo que se tomó en cuenta el factor climático para la toma de muestras tanto en biomasa arbórea y materia orgánica tomado como referencia al estudio de (Mestanza y Rivas, 2013) (muestra de calicata), periodos de evaluación que se muestran en la (Tabla 2).

Tabla 2

*Periodos de evaluación de los muestreos*

<b>Evaluaciones</b>	<b>Fechas</b>
<b>Primera evaluación</b>	26 de julio de 2016
<b>Segunda evaluación</b>	26 de setiembre de 2016
<b>Tercera evaluación</b>	26 de noviembre de 2016

*Fuente:* Elaboración propia (2020).

La muestra estuvo integrada en cada rodal por 3 áreas de sub muestreo de 500 m<sup>2</sup> cada una, seleccionada al azar en la fecha de muestreo anterior, sobre la base de aspectos fenológicos en cada estrato. Evaluándose en total 3 áreas del rodal denso y 3 áreas del rodal semi denso. En cada evaluación se realizó el inventario de palmeras de aguaje, obteniendo su DAP, altura, muestras de suelos hasta los 30 cm de profundidad y colección de la hojarasca (hojas caídas de la palmera, en estado fresco y seco, sin descomposición).

### 2.1.5. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Para determinar el almacenamiento de carbono en la palmera del aguaje, se tomó en cuenta el carbono almacenado en la biomasa aérea (tallo, hojas y suelo), la estimación generada se efectuó sobre la base de muestreos.

### **Fórmulas:**

$$BA = 0,1184 \text{ DAP } 253$$

Donde:

BA = Biomasa de árboles vivos y árboles muertos en pie

0,1184 = Constante

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)

253 = Constante

*Fuente:* Arévalo (2015).

### **Biomasa arbórea viva (Mg ha<sup>-1</sup>)**

Para calcular la biomasa por hectárea, a la biomasa arbórea se multiplicó por el número promedio de árboles que se evaluaron en los muestreos, según densidad. Siendo la densidad de 600 planta de aguaje en un área semi densa y 1200 plantas de aguaje en un área densa.

### **Hojarasca.**

Se refiere a la materia orgánica que se encuentra en diferentes procesos de descomposición (Arévalo, 2015).

### **Cálculo de la biomasa de la hojarasca (Tm ha<sup>-1</sup>)**

Para estimar esta biomasa en Mg ha<sup>-1</sup>, primero se utiliza la siguiente ecuación:

$$Bh (\text{Total} * \text{árbol}) = [(PSM/PFM)*PFT]*004$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = Peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = Peso total por metro cuadrado (g), que en nuestro caso se consideró igual a 1

004 = Factor de conversión

*Fuente:* Arévalo (2015).

Según, el valor obtenido se multiplicó por el número de hojas presentes en cada árbol muestreado, según densidad, para obtener el valor del Bh en toneladas por ha.

### **Cálculo de la biomasa vegetal total (Mg ha<sup>-1</sup>)**

$$\mathbf{BVT \text{ (Toneladas por ha)} = (BAVT + Bh)}$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total

BAV = Biomasa total de árboles vivos

B = Biomasa de la hojarasca

Fuente: Arévalo (2015).

### **Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total (Mg C ha<sup>-1</sup>).**

$$CBV \text{ (Tm ha}^{-1}\text{)} = BVT * 0.45$$

Donde:

CBV = Carbono en la biomasa vegetal

BVT = Biomasa vegetal total

0.45 = Constante

Fuente: Arévalo (2015).

### **2.1.6. Análisis estadísticos de los muestreos realizados**

Estos análisis fueron realizados tal como se observan las siguientes fórmulas.

#### **Error estándar de la media**

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{N}}$$

Donde:

S = Error estándar de la media

X = Observación efectuada en cada individuo durante el muestreo

N = Número de individuos evaluados

### 2.1.7. Análisis biométricos de los muestreos realizados

Área Basal: Como se observa la siguiente fórmula

$$G = \frac{\pi}{4} (dap)^2$$

Donde:

G = Área basal (m<sup>2</sup>)

DAP = Diámetro de la altura del pecho (m)

#### Volumen total

Utilizando la siguiente formula, teniendo en cuenta la altura total del árbol y un factor de forma, que adapta el volumen, según el ahusamiento o conicidad del fuste:

$$V = G \times ht \times Ff$$

Donde:

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

G = Área basal (m<sup>2</sup>)

Ht = Altura total (m)

Ff = Factor forma equivalente a 0,4

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Carbono capturado en la parte aérea del aguajal denso y semi denso

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a lo largo del estudio de investigación, llegándose a estimar la cantidad de carbono almacenado el aguajal. Los resultados están distribuidos según los componentes evaluados: biomasa aérea (tallos y hojas), suelo (materia orgánica).

#### 3.1.1. Biomasa aérea del aguajal denso y semi denso

La biomasa arbórea total (peso de tallo más hoja en un área de muestreo), determinada en el aguajal, rodal denso tuvo un promedio de 807,06 Mg ha<sup>-1</sup>, indica que los tres muestreos realizados obtuvieron un promedio mayor en la acumulación de biomasa aérea, mientras que en el rodal semi denso tuvo un el promedio menor de 348,80 Mg ha<sup>-1</sup>, valores mostrados en la (Tabla 3)

Tabla 3

*Biomasa en la parte aérea del aguajal denso y semi denso*

MUESTREO	PROMEDIOS DE BIOMASA ARBÓREA TOTAL (Mg ha <sup>-1</sup> )		
	DENSO (30 ÁRBOLES)		
N°	Hojas	Tallos	Total
1	0,00024	768,079	768,08
2	0,00021	879,153	879,15
3	0,00023	773,955	773,95
<b>Promedio</b>			<b>807,06</b>

Continuación

<b>MUESTREO</b>		<b>PROMEDIOS DE BIOMASA ARBÓREA TOTAL (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>SEMI DENSO (15 ÁRBOLES)</b>			
<b>N°</b>	<b>Hojas</b>	<b>Tallos</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	0,00013	373,874	373,87
<b>2</b>	0,00014	350,838	350,84
<b>3</b>	0,00014	321,692	321,69
<b>Promedio</b>			<b>348,80</b>

*Fuente:* Elaboración propia (2020).

De los datos de carbono capturado en la biomasa arbórea total (peso de tallo más hoja, en el aguajal denso se encontró en un promedio de 363,99 Mg C ha<sup>-1</sup>, donde se visualiza que este valor encontrado fue mayor en la obtención del carbono capturado por densidad de individuos en rodal denso, mientras que la densidad media tuvo un promedio menor de 156,96 Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 4).

Tabla 4

*Carbono capturado en por las palmeras de aguaje y en el suelo*

<b>MUESTREO</b>		<b>PROMEDIOS DE CAPTURA DE C (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>DENSO</b>			
<b>N°</b>	<b>C en Biomasa arbórea</b>	<b>C en 30 cm de suelo</b>	
1	345,64	915,67	
2	395,62	1 187,84	
3	350,72	1 131,03	
<b>Promedio</b>	<b>363,99</b>	<b>1 078,18</b>	
<b>SEMI DENSO</b>			
<b>N°</b>	<b>C en Biomasa Arbórea</b>	<b>C en 30 cm de suelo</b>	
1	166,75	844,91	
2	157,88	711,71	
3	144,76	660,87	
<b>Promedio</b>	<b>156,96</b>	<b>739,16</b>	

*Fuente:* Elaboración propia (2020).

Con los resultados obtenidos de biomasa en la parte aérea del aguajal denso y semi denso de la Tabla 3, se elaboró la Figura 4 en la que se observa que el rodal denso en el muestreo uno dio un total de 768,08 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que para el muestreo dos se obtuvo 879,15 Mg ha<sup>-1</sup>, en tanto que el muestreo tres alcanzó 773,95 Mg ha<sup>-1</sup>, comparando estos resultados con la del rodal semi denso los resultados de biomasa para la muestra uno con un total de 373,874 Mg ha<sup>-1</sup>, seguido de la muestra dos 350,838 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que en la muestra tres se obtuvo 321,692 Mg ha<sup>-1</sup>.

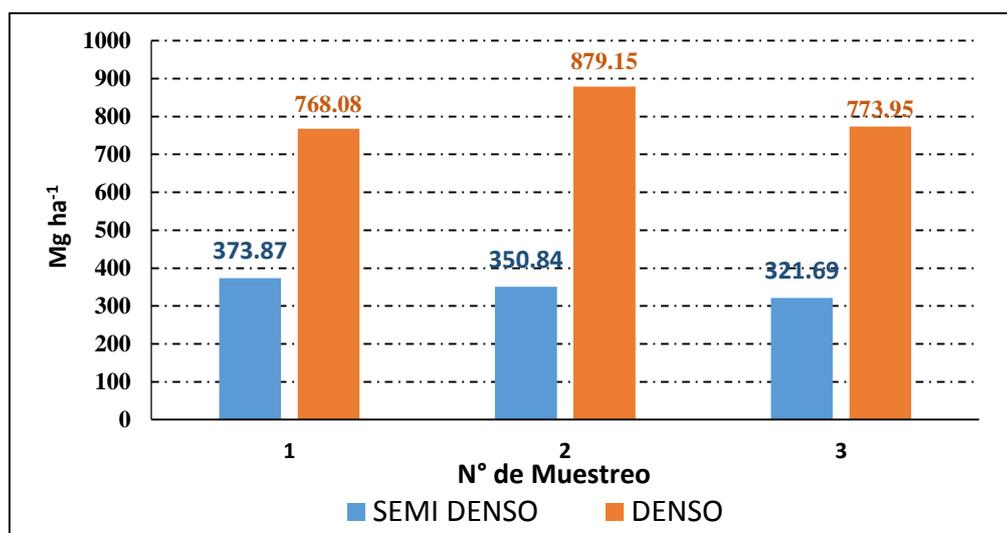


Figura 4. Biomasa en la parte aérea según densidad.

Fuente: Elaboración propia (2020).

### 3.1.2. Volumen del fuste de las palmeras inventariadas

Las medidas alométricas tomadas en el primer muestreo en un rodal denso (Tabla 5) muestra un total de 180,945 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo con un promedio de 106,05 m<sup>3</sup> lo que corrobora que la parcela de investigación es densa, además, indica la alta variabilidad de volumen arbóreo entre los individuos muestreados.

Tabla 5

Primer muestreo de aguajal denso en un área de muestreo de 500 m<sup>2</sup>.

Nº	Circunferencia (cm)	pi (π)	Área basal (m)	Altura (m)	V = B×A×FC(m <sup>3</sup> )
1	130	3,1416	0,1345	23	18,324
2	129	3,1416	0,1324	25	38,700
3	125	3,1416	0,1243	23	0,108

## Continuación

<b>4</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	23	0,072
<b>5</b>	128	31,416	0,4074	0,1304	23	0,108
<b>6</b>	120	31,416	0,3820	0,1146	23	9,040
<b>7</b>	125	31,416	0,3979	0,1243	23	0,108
<b>8</b>	115	31,416	0,3661	0,1053	26	6,507
<b>9</b>	129	31,416	0,4106	0,1324	20	38,700
<b>10</b>	133	31,416	0,4234	0,1408	19	9,864
<b>11</b>	122	31,416	0,3883	0,1184	36	191,808
<b>12</b>	116	31,416	0,3692	0,1071	33	0,270
<b>13</b>	127	31,416	0,4043	0,1284	30	173,340
<b>14</b>	119	31,416	0,3788	0,1127	26	131,859
<b>15</b>	126	31,416	0,4011	0,1264	21	12,420
<b>16</b>	132	31,416	0,4202	0,1387	29	181,003
<b>17</b>	124	31,416	0,3947	0,1224	26	61,920
<b>18</b>	125	31,416	0,3979	0,1243	23	100,683
<b>19</b>	122	31,416	0,3883	0,1184	25	53,280
<b>20</b>	125	31,416	0,3979	0,1243	25	61,600
<b>21</b>	123	31,416	0,3915	0,1204	25	54,180
<b>22</b>	135	31,416	0,4297	0,1450	23	150,075
<b>23</b>	128	31,416	0,4074	0,1304	21	123,228
<b>24</b>	167	31,416	0,5316	0,2220	22	319,680
<b>25</b>	156	31,416	0,4966	0,1937	23	244,062
<b>26</b>	142	31,416	0,4520	0,1605	17	158,895
<b>27</b>	140	31,416	0,4456	0,1559	24	168,372
<b>28</b>	163	31,416	0,5188	0,2114	22	304,416
<b>29</b>	170	31,416	0,5411	0,2300	20	362,250
<b>30</b>	149	31,416	0,4743	0,1767	26	206,739
<b>Promedio</b>						<b>106,050</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Similarmente, para el rodal semi denso se observa en la (Tabla 6) un total de 1 723,11 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo con un promedio de 114,87 m<sup>3</sup> por individuo, los resultados hallados corroboran que la parcela de investigación es semi densa.

Tabla 6

*Primer muestreo de aguajal semi denso*

N°	Circunferencia (cm)	pi ( $\pi$ )	D = C/ $\pi$	Área basal (m)	Altura (m)	V = A×FC(m <sup>3</sup> )
1	134	31,416	0,4265	0,1429	19	104,652
2	135	31,416	0,4297	0,1450	23	72,716
3	148	31,416	0,4711	0,1743	21	143,262
4	146	31,416	0,4647	0,1696	15	99,360
5	138	31,416	0,4393	0,1516	17	99,756
6	145	31,416	0,4615	0,1673	19	123,975
8	138	31,416	0,4393	0,1516	25	146,700
9	145	31,416	0,4615	0,1673	27	176,175
10	145	31,416	0,4615	0,1673	18	135,513
11	145	31,416	0,4615	0,1673	18	117,450
12	137	31,416	0,4361	0,1494	23	75,114
13	137	31,416	0,4361	0,1494	22	69,336
14	150	31,416	0,4775	0,1791	16	112,248
15	157	31,416	0,4997	0,1961	15	116,032
<b>Promedio</b>						<b>114,874</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

En el segundo muestreo (Tabla 7), los resultados que se observan para un rodal denso, indican un total de 3 579,42 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo y un promedio de 119,31 m<sup>3</sup> para el aguajal denso, lo que ratifica que la parcela de investigación es densa.

Tabla 7

*Segundo muestreo del aguajal denso*

N°	Circunferencia (cm)	pi( $\pi$ )	D=C/ $\pi$	Área basal (m)	Altura (m)	V B×A×FC (m <sup>3</sup> )
1	145	31,416	0,4615	0,1673	29	218,326
2	112	31,416	0,3565	0,0998	31	139,221
3	202	31,416	0,6430	0,3247	16	49,626
4	175	31,416	0,5570	0,2437	15	80,595
5	140	31,416	0,4456	0,1559	19	84,735
6	153	31,416	0,4870	0,1863	16	117,144
7	137	31,416	0,4361	0,1494	20	20,497
8	138	31,416	0,4393	0,1516	27	60,984
9	163	31,416	0,5188	0,2114	25	406,125
10	186	31,416	0,5921	0,2753	16	198,216
11	149	31,416	0,4743	0,1767	20	110,160
12	162	31,416	0,5157	0,2089	23	263,214

Continuación

<b>13</b>	154	31,416	0,4902	0,1887	18	119,232
<b>14</b>	159	31,416	0,5061	0,2012	17	77,166
<b>15</b>	142	31,416	0,4520	0,1605	19	12,114
<b>16</b>	154	31,416	0,4902	0,1887	18	11,610
<b>17</b>	151	31,416	0,4806	0,1814	17	52,920
<b>18</b>	155	31,416	0,4934	0,1912	20	39,465
<b>19</b>	167	31,416	0,5316	0,2220	18	179,820
<b>20</b>	175	31,416	0,5570	0,2437	18	104,773
<b>21</b>	172	31,416	0,5475	0,2354	15	53,280
<b>22</b>	155	31,416	0,4934	0,1912	21	96,840
<b>23</b>	150	31,416	0,4775	0,1791	18	100,683
<b>24</b>	150	31,416	0,4775	0,1791	22	123,057
<b>25</b>	158	31,416	0,5029	0,1986	20	83,520
<b>26</b>	182	31,416	0,5793	0,2636	17	201,654
<b>27</b>	155	31,416	0,4934	0,1912	19	163,476
<b>28</b>	159	31,416	0,5061	0,2012	18	115,749
<b>29</b>	166	31,416	0,5284	0,2193	19	138,159
<b>30</b>	177	31,416	0,5634	0,2493	14	157,059
<b>Promedio</b>						<b>119,310</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Mientras que para el rodal semi denso en el segundo muestreo se reportó un total de 2 128,05 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo y un promedio de 141,87 m<sup>3</sup> por individuo (Tabla 8), que corrobora que la parcela de investigación semi densa.

Tabla 8

Segundo muestreo del aguajal semi denso

Nº	Circunferencia (cm)	Pi( $\pi$ )	D = C/ $\pi$	Área basal (m)	Altura (m)	V = B×A×FC (m <sup>3</sup> )
<b>1</b>	165	31,416	0,5252	0,2166	18	175,446
<b>2</b>	161	31,416	0,5125	0,2063	25	232,088
<b>3</b>	180	31,416	0,5730	0,2579	25	290,138
<b>4</b>	145	31,416	0,4615	0,1673	23	173,156
<b>5</b>	114	31,416	0,3629	0,1034	18	83,754
<b>6</b>	120	31,416	0,3820	0,1146	21	108,297
<b>7</b>	111	31,416	0,3533	0,0980	23	101,430
<b>8</b>	190	31,416	0,6048	0,2873	22	284,427
<b>9</b>	146	31,416	0,4647	0,1696	15	114,480
<b>10</b>	123	31,416	0,3915	0,1204	19	102,942

Continuación

<b>11</b>	112	31,416	0,3565	0,0998	24	107,784
<b>12</b>	133	31,416	0,4234	0,1408	16	101,376
<b>13</b>	112	31,416	0,3565	0,0998	15	67,365
<b>14</b>	110	31,416	0,3501	0,0963	21	91,004
<b>15</b>	121	31,416	0,3852	0,1165	18	94,365
<b>Promedio</b>						<b>141,870</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Las medidas evaluadas en el tercer muestreo reportan para un rodal denso 3 181,61 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo y promedio de 106,05 m<sup>3</sup>, se muestran en la (Tabla 9), que confirma que la parcela es densa.

Tabla 9

Tercer muestreo de del aguajal denso.

Nº	Circunferencia (cm)	pi( $\pi$ )	D = C/ $\pi$	Área basal (m)	Altura (m)	V = ABxA×FC (m <sup>3</sup> )
<b>1</b>	130	3,1416	0,4138	0,1345	23	18,324
<b>2</b>	129	3,1416	0,4106	0,1324	25	38,700
<b>3</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	23	0,108
<b>4</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	23	0,072
<b>5</b>	128	3,1416	0,4074	0,1304	23	0,108
<b>6</b>	120	3,1416	0,3820	0,1146	23	9,041
<b>7</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	23	0,108
<b>8</b>	115	3,1416	0,3661	0,1053	26	6,507
<b>9</b>	129	3,1416	0,4106	0,1324	20	38,700
<b>10</b>	133	3,1416	0,4234	0,1408	19	9,864
<b>11</b>	122	3,1416	0,3883	0,1184	36	191,808
<b>12</b>	116	3,1416	0,3692	0,1071	33	0,270
<b>13</b>	127	3,1416	0,4043	0,1284	30	173,340
<b>14</b>	119	3,1416	0,3788	0,1127	26	131,859
<b>15</b>	126	3,1416	0,4011	0,1264	21	12,420
<b>16</b>	132	3,1416	0,4202	0,1387	29	181,004
<b>17</b>	124	3,1416	0,3947	0,1224	26	61,920
<b>18</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	23	100,683
<b>19</b>	122	3,1416	0,3883	0,1184	25	53,280
<b>20</b>	125	3,1416	0,3979	0,1243	25	61,601
<b>21</b>	123	3,1416	0,3915	0,1204	25	54,180
<b>22</b>	135	3,1416	0,4297	0,1450	23	150,075
<b>23</b>	128	3,1416	0,4074	0,1304	21	123,228
<b>24</b>	167	3,1416	0,5316	0,2220	22	319,680
<b>25</b>	156	3,1416	0,4966	0,1937	23	244,062

Continuación

<b>26</b>	142	31,416	0,4520	0,1605	17	158,895
<b>27</b>	140	31,416	0,4456	0,1559	24	168,372
<b>28</b>	163	31,416	0,5188	0,2114	22	304,416
<b>29</b>	170	31,416	0,5411	0,2300	20	362,250
<b>30</b>	149	31,416	0,4743	0,1767	26	206,739
<b>Promedio</b>						<b>106,050</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Por otro lado, para el rodal semi denso se tiene 628,94 m<sup>3</sup> de volumen arbóreo con un promedio de 41,93 m<sup>3</sup> por individuo (Tabla 10), que corrobora que la parcela de investigación es semi densa.

Tabla 10

*Tercer muestreo del aguajal semi denso*

<b>N°</b>	<b>Circunferencia</b>	<b>Pi(<math>\pi</math>)</b>	<b>D=C/<math>\pi</math></b>	<b>Área</b>	<b>Altura</b>	<b>V = AB×A×FC</b>
	<b>(m)</b>			<b>basal (m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	123	3,1416	0,3915	0,1204	23	124,614
<b>2</b>	70	3,1416	0,2228	0,0390	7	12,285
<b>3</b>	143	3,1416	0,4552	0,1627	6	43,929
<b>4</b>	117	3,1416	0,3724	0,1089	25	122,513
<b>5</b>	93	3,1416	0,2960	0,0688	12	37,152
<b>6</b>	110	3,1416	0,3501	0,0963	8	34,668
<b>7</b>	112	3,1416	0,3565	0,0998	6	26,946
<b>8</b>	95	3,1416	0,3024	0,0718	9	29,079
<b>9</b>	85	3,1416	0,2706	0,0575	10	25,875
<b>10</b>	70	3,1416	0,2228	0,0390	5	8,775
<b>11</b>	118	3,1416	0,3756	0,1108	4	19,944
<b>12</b>	108	3,1416	0,3438	0,0928	6	25,056
<b>13</b>	104	3,1416	0,3310	0,0860	13	50,310
<b>14</b>	78	3,1416	0,2483	0,0484	9	19,602
<b>15</b>	116	3,1416	0,3692	0,1071	10	48,195
<b>Promedio</b>						<b>41,93</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

La Tabla 11 resume los coeficientes de variabilidad (CV) hallados para cada muestreo y densidad de rodal de volumen arbóreo, se puede decir que el CV entre el muestreo uno y tres en el aguajal denso tiene un valor de 100,05 % que indica alta variabilidad de DAP entre los individuos muestreados; similarmente en el aguajal semi denso tenemos en el primer muestreo 25,87 % y en el muestreo tres 84,11 %.

Tabla 11

*Coefficientes de variación de diámetro altura del pecho*

<b>Coefficiente de variación del diámetro a la altura del pecho (DAP)</b>			
	<b>Evaluación 1</b>	<b>Evaluación 2</b>	<b>Evaluación 3</b>
	<b>Aguajal denso</b>		
<b>Coefficiente de variación</b>	100,05 %	69,04 %	100,05 %
	<b>Aguajal semi denso</b>		
<b>Coefficiente de variación</b>	25,87 %	51,30 %	84,11 %

*Fuente: Elaboración propia (2020).***3.1.3. Cálculos de biomasa arbórea en el tronco y tallos de los rodales**

Con respecto a la biomasa arbórea, se observa para el primer muestreo del aguajal denso un total de 5 689,389 Mg ha<sup>-1</sup> con un promedio de 379,292 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabla 12).

Tabla 12

*Biomasa arbórea en el primer muestreo en aguajal semi denso*

<b>Nº</b>	<b>Altura m</b>	<b>DAP cm</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	<b>BA (Mg árbol<sup>-1</sup>)</b>	<b>Nº de árboles por ha</b>	<b>Masa arbórea (Mg)</b>
1	19	42,65	122,18	0,521	600	443,597
2	23	42,97	150,08	0,640	600	384,239
3	21	47,11	164,71	0,703	600	421,686
4	15	46,47	114,48	0,488	600	293,076
5	17	43,93	115,97	0,495	600	296,835
6	19	46,15	143,04	0,610	600	366,134
7	23	43,29	152,35	0,650	600	389,984
8	25	43,93	170,55	0,728	600	436,522
9	27	46,15	203,27	0,867	600	520,296
10	18	46,15	135,51	0,578	600	346,864
11	18	46,15	135,51	0,578	600	346,864
12	23	43,61	154,63	0,660	600	395,770
13	22	43,61	147,91	0,631	600	378,563
14	16	47,75	128,95	0,550	600	330,073
15	15	49,97	132,37	0,565	600	338,886
<b>Promedio</b>						<b>379,292</b>

*Fuente: Elaboración propia (2020).*

Mientras que en el rodal denso tenemos un total de 10 369,07 Mg ha<sup>-1</sup> alcanzando un promedio de 768,079 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa arbórea por la homogeneidad de palmeras, (Tabla 13).

Tabla 13

*Biomasa arbórea en el primer muestreo del aguajal denso*

N°	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	BA (Mg árbol <sup>-1</sup> )	N° de árboles (ha)	BAVT (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	19	42,02	118,5885	0,506	1200	607,070
2	18	43,61	121,0140	0,516	1200	619,467
3	14	57,30	162,4770	0,693	1200	831,784
4	17	50,93	155,8305	0,665	1200	797,939
5	23	50,29	205,5510	0,877	1200	1052,603
6	13	53,79	132,9120	0,567	1200	680,644
7	20	42,97	130,5000	0,557	1200	668,242
8	22	41,70	135,2340	0,577	1200	692,258
9	23	44,24	159,0795	0,679	1200	814,576
10	23	41,06	137,0340	0,585	1200	701,680
11	25	41,38	151,3125	0,646	1200	774,630
12	22	39,79	123,0570	0,525	1200	630,295
13	28	39,15	151,7040	0,647	1200	776,596
14	31	35,01	134,3385	0,573	1200	687,574
15	25	39,79	139,8375	0,597	1200	716,244
16	23	42,02	143,5545	0,612	1200	734,875
17	26	39,15	140,8680	0,601	1200	721,125
18	25	38,52	131,0625	0,559	1200	671,253
19	24	39,79	134,2440	0,573	1200	687,595
20	18	42,65	115,7490	0,494	1200	592,494
21	22	39,79	123,0570	0,525	1200	630,295
22	23	49,02	195,3045	0,833	1200	1000,110
23	24	46,15	180,6840	0,771	1200	924,971
24	25	49,34	215,1000	0,918	1200	1101,315
25	18	52,52	1,754,460	0,749	1200	898,453
26	17	53,48	1,718,190	0,733	1200	879,843
27	19	47,11	1,490,265	0,636	1200	763,050
28	21	44,56	1,473,255	0,629	1200	754,541
29	14	55,70	1,535,310	0,655	1200	785,981
30	18	50,93	1,649,970	0,704	1200	844,876
<b>Promedio</b>						<b>768,079</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

El segundo muestreo del rodal denso arroja un total de 5 262,567 Mg ha<sup>-1</sup> llegando a obtener un promedio de 350,837 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa arbórea por la heterogeneidad de las palmeras, (Tabla 14).

Tabla 14

*Biomasa arbórea en el segundo muestreo en aguajal semi denso*

N°	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	BA (Mg árbol <sup>-1</sup> )	N° de árboles (ha)	BAVT (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	23	36,61	108,99	0,465	600	278,914
2	24	43,29	158,98	0,678	600	406,939
3	24	41,38	145,26	0,620	600	371,822
4	23	42,97	150,08	0,640	600	384,239
5	18	44,24	124,50	0,531	600	318,747
6	21	46,15	158,10	0,674	600	404,675
7	23	43,29	152,35	0,650	600	389,984
8	22	44,56	154,34	0,659	600	395,236
9	20	46,47	152,64	0,651	600	390,768
10	20	42,34	126,72	0,541	600	324,396
11	24	37,24	117,61	0,502	600	301,144
12	16	45,52	117,14	0,500	600	299,963
13	22	42,02	137,31	0,586	600	351,462
14	24	38,83	127,87	0,546	600	327,408
15	24	38,20	123,77	0,528	600	316,870
<b>Promedio</b>						<b>350,837</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Mientras que para el segundo muestreo reporto un total de 26 374,58 Mg ha<sup>-1</sup> obteniendo un promedio de 879,153 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa arbórea determinando con estos valores obtenidos que la parcela es densa, (Tabla 15).

Tabla 15

*Biomasa arbórea en el segundo muestreo en Aguajal denso*

N°	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	BA (Mg árbol <sup>-1</sup> )	N° de árboles por ha	BAVT (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	29	46,15	218,33	0,931	1200	1,117,673
2	31	35,65	139,22	0,594	1200	712,942
3	16	64,30	233,78	0,998	1200	1,197,058
4	15	55,70	164,50	0,702	1200	842,122

Continuación

<b>5</b>	<b>19</b>	<b>44,56</b>	<b>133,29</b>	<b>0,569</b>	<b>1200</b>	<b>682,680</b>
<b>6</b>	16	48,70	134,14	0,572	1200	686,675
<b>7</b>	20	43,61	134,46	0,574	1200	688,296
<b>8</b>	27	43,93	184,19	0,786	1200	942,887
<b>9</b>	25	51,88	237,83	1,015	1200	1,217,624
<b>10</b>	16	59,21	198,22	0,846	1200	1,015,041
<b>11</b>	20	47,43	159,03	0,678	1200	814,160
<b>12</b>	23	51,57	216,21	0,922	1200	1,106,867
<b>13</b>	18	49,02	152,85	0,652	1200	782,695
<b>14</b>	17	50,61	153,92	0,657	1200	787,943
<b>15</b>	19	45,20	137,23	0,585	1200	702,431
<b>16</b>	18	49,02	152,85	0,652	1200	782,695
<b>17</b>	17	48,06	138,77	0,592	1200	710,542
<b>18</b>	20	49,34	172,08	0,734	1200	881,052
<b>19</b>	18	53,16	179,82	0,767	1200	920,483
<b>20</b>	18	55,70	197,40	0,842	1200	1,010,546
<b>21</b>	15	54,75	158,90	0,678	1200	813,641
<b>22</b>	21	49,34	180,68	0,771	1200	925,105
<b>23</b>	18	47,75	145,07	0,619	1200	742,664
<b>24</b>	22	47,75	177,31	0,756	1200	907,701
<b>25</b>	20	50,29	178,74	0,763	1200	915,307
<b>26</b>	17	57,93	201,65	0,860	1200	1,032,356
<b>27</b>	19	49,34	163,48	0,697	1200	837,000
<b>28</b>	18	50,61	162,97	0,695	1200	834,293
<b>29</b>	19	52,84	187,50	0,800	1200	959,959
<b>30</b>	14	56,34	157,06	0,670	1200	804,146
<b>Promedio</b>						<b>879,153</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

El tercer muestreo del rodal denso reporta total de 4825 381 Mg ha<sup>-1</sup>, alcanzando un promedio de 321 692 Mg ha<sup>-1</sup> de biomasa arbórea indicando de forma directa que la parcela es semi densa (Tabla 16).

Tabla 16

*Biomasa arbórea en el tercer muestreo en Aguajal semi denso*

N°	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	BA (Mg árbol <sup>-1</sup> )	N° de árboles por ha	BAVT (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	23	39.15	124.61	0.532	600	318.959
2	22	38.20	113.45	0.484	600	290.464
3	21	45.52	153.75	0.656	600	393.702
4	25	43.61	168.08	0.717	600	430.185
5	22	39.15	119.20	0.508	600	305.091
6	23	41.38	139.21	0.594	600	356.330
7	21	42.02	131.07	0.559	600	335.486
8	19	46.15	143.04	0.610	600	366.134
9	20	42.97	130.50	0.557	600	334.121
10	20	38.20	103.14	0.440	600	264.058
11	19	40.74	111.49	0.476	600	285.324
12	21	40.74	123.23	0.526	600	315.359
13	18	39.47	99.14	0.423	600	253.717
14	19	40.74	111.49	0.476	600	285.324
15	20	40.11	113.76	0.485	600	291.124
<b>Promedio</b>						<b>321.692</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Asimismo, la biomasa arbórea total en la tercera evaluación es de 23 218,658 Mg ha<sup>-1</sup> obteniendo un promedio de 773,955 Mg ha<sup>-1</sup> corroborando que la parcela de investigación es densa (Tabla 17).

Tabla 17

*Biomasa arbórea en el tercer muestreo en aguajal denso*

N°	Altura (m)	DAP (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	BA (Mg árbol <sup>-1</sup> )	N° de árboles por ha	BAVT (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	23	41,38	139,21	0,594	1200	712,660
2	25	41,06	148,95	0,636	1200	762,696
3	23	39,79	128,65	0,549	1200	658,945
4	23	39,79	128,65	0,549	1200	658,945
5	23	40,74	134,96	0,576	1200	690,786
6	23	38,20	118,61	0,506	1200	607,334
7	23	39,79	128,65	0,549	1200	658,945
8	26	36,61	123,20	0,525	1200	630,589

Continuación

<b>9</b>	20	41,06	119,16	0,508	1200	610,157
<b>10</b>	19	42,34	120,38	0,514	1200	616,352
<b>11</b>	36	38,83	191,81	0,819	1200	982,224
<b>12</b>	33	36,92	159,04	0,678	1200	813,974
<b>13</b>	30	40,43	173,34	0,739	1200	887,365
<b>14</b>	26	37,88	131,86	0,563	1200	675,098
<b>15</b>	21	40,11	119,45	0,509	1200	611,361
<b>16</b>	29	42,02	181,00	0,772	1200	926,581
<b>17</b>	26	39,47	143,21	0,611	1200	732,961
<b>18</b>	23	39,79	128,65	0,549	1200	658,945
<b>19</b>	25	38,83	133,20	0,568	1200	682,100
<b>20</b>	25	39,79	139,84	0,597	1200	716,244
<b>21</b>	25	39,15	135,45	0,578	1200	693,389
<b>22</b>	23	42,97	150,08	0,640	1200	768,479
<b>23</b>	21	40,74	123,23	0,526	1200	630,717
<b>24</b>	22	53,16	219,78	0,938	1200	1,125,035
<b>25</b>	23	49,66	200,48	0,855	1200	1,026,395
<b>26</b>	17	45,20	122,78	0,524	1200	628,491
<b>27</b>	24	44,56	168,37	0,719	1200	862,333
<b>28</b>	22	51,88	209,29	0,893	1200	1,071,509
<b>29</b>	20	54,11	207,00	0,883	1200	1,059,640
<b>30</b>	26	47,43	206,74	0,882	1200	1,058,408
<b>Promedio</b>						<b>773,955</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

### 3.2. Cantidad de carbono capturado en la hojarasca del aguajal

El resultado del cálculo de carbono en la biomasa total durante el primer muestreo alcanzó  $2,0725 \times 10^{-3} \text{ Mg C ha}^{-1}$ , obteniendo un promedio de  $0,1382 \times 10^{-3} \text{ Mg C ha}^{-1}$  (Tabla 18).

Tabla 18

*Carbono en la biomasa total en el primer muestreo del aguajal semi denso*

N°	Peso seco de la hoja (g)	Peso fresco de la hoja (g)	Materia seca (%)	N° de hojas	Factor de conversión	Bh (Mg C ha <sup>-1</sup> )
<b>1</b>	18,70	20	93,50	4	0,04	$0,150 \times 10^{-3}$
<b>2</b>	17,40	20	87,00	5	0,04	$0,174 \times 10^{-3}$
<b>3</b>	17,80	20	89,00	4	0,04	$0,142 \times 10^{-3}$

Continuación

<b>4</b>	16,80	20	84,00	4	0,04	0,134 x 10 <sup>-3</sup>
<b>5</b>	15,90	20	79,50	5	0,04	0,159 x 10 <sup>-3</sup>
<b>6</b>	16,90	20	84,50	3	0,04	0,101 x 10 <sup>-3</sup>
<b>7</b>	16,90	20	84,50	4	0,04	0,135 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	14,80	20	74,00	4	0,04	0,118 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	13,10	20	65,50	5	0,04	0,131 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	14,60	20	73,00	5	0,04	0,146 x 10 <sup>-3</sup>
<b>11</b>	13,80	20	69,00	3	0,04	0,083 x 10 <sup>-3</sup>
<b>12</b>	12,60	20	63,00	5	0,04	0,126 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	13,90	20	69,50	4	0,04	0,111 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	14,70	20	73,50	4	0,04	0,118 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	12,80	20	64,00	5	0,04	0,128 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,1382 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Mientras que el resultado del cálculo de carbono en la biomasa total del primer muestreo del rodal denso dio como resultado total  $6,8330 \times 10^{-3}$  Mg C ha<sup>-1</sup>, llegando a obtener un promedio de  $0,5491 \times 10^{-3}$  Mg C ha<sup>-1</sup>, (Tabla 19).

Tabla 19

*Carbono en la biomasa total en el primer muestreo del aguajal denso*

<b>N°</b>	<b>Peso seco de la hoja (g)</b>	<b>Peso fresco de la hoja (g)</b>	<b>Materia Seca (%)</b>	<b>N° de hojas</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Bh (Mg C ha)</b>
<b>1</b>	14,12	20	70,60	9	0,04	0,2542 x 10 <sup>-3</sup>
<b>2</b>	14,90	20	74,50	10	0,04	0,2980 x 10 <sup>-3</sup>
<b>3</b>	14,60	20	73,00	9	0,04	0,2628 x 10 <sup>-3</sup>
<b>4</b>	13,80	20	69,00	9	0,04	0,2484 x 10 <sup>-3</sup>
<b>5</b>	13,90	20	69,50	8	0,04	0,2224 x 10 <sup>-3</sup>
<b>6</b>	12,60	20	63,00	8	0,04	0,2016 x 10 <sup>-3</sup>
<b>7</b>	12,80	20	64,00	10	0,04	0,2560 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	14,10	20	70,50	9	0,04	0,2538 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	13,90	20	69,50	10	0,04	0,2780 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	11,30	20	56,50	8	0,04	0,1808 x 10 <sup>-3</sup>

Continuación

<b>11</b>	12,70	20	63,50	9	0,04	0,2286 x 10 <sup>-3</sup>
<b>12</b>	16,40	20	82,00	8	0,04	0,2624 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	15,40	20	77,00	7	0,04	0,2156 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	14,20	20	71,00	9	0,04	0,2556 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	15,70	20	78,50	7	0,04	0,2198 x 10 <sup>-3</sup>
<b>16</b>	16,61	20	83,05	9	0,04	0,2990 x 10 <sup>-3</sup>
<b>17</b>	16,83	20	84,15	7	0,04	0,2356 x 10 <sup>-3</sup>
<b>18</b>	15,43	20	77,15	8	0,04	0,2469 x 10 <sup>-3</sup>
<b>19</b>	15,84	20	79,20	9	0,04	0,2851 x 10 <sup>-3</sup>
<b>20</b>	10,41	20	52,05	9	0,04	0,1874 x 10 <sup>-3</sup>
<b>21</b>	10,82	20	54,10	9	0,04	0,1948 x 10 <sup>-3</sup>
<b>22</b>	12,53	20	62,65	8	0,04	0,2005 x 10 <sup>-3</sup>
<b>23</b>	14,13	20	70,65	7	0,04	0,1978 x 10 <sup>-3</sup>
<b>24</b>	15,12	20	75,60	7	0,04	0,2117 x 10 <sup>-3</sup>
<b>25</b>	13,22	20	66,10	9	0,04	0,2380 x 10 <sup>-3</sup>
<b>26</b>	11,21	20	56,05	10	0,04	0,2242 x 10 <sup>-3</sup>
<b>27</b>	16,11	20	80,55	8	0,04	0,2578 x 10 <sup>-3</sup>
<b>28</b>	14,67	20	73,35	9	0,04	0,2641 x 10 <sup>-3</sup>
<b>29</b>	15,21	20	76,05	10	0,04	0,3042 x 10 <sup>-3</sup>
<b>30</b>	17,11	20	85,55	9	0,04	0,3080 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,5491 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Durante el segundo muestreo el resultado del cálculo total es de 2,087 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup> con un promedio de 0,139 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 20).

Tabla 20

*Carbono en la biomasa total en el segundo muestreo en aguajal semi denso*

<b>N°</b>	<b>Peso seco de la hoja (g)</b>	<b>Peso fresco de la hoja (g)</b>	<b>Materia</b>	<b>N° de Hojas</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Bh (Mg C ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	18,32	20	91,60	5	0,04	0,183 x 10 <sup>-3</sup>
<b>2</b>	18,22	20	91,10	5	0,04	0,182 x 10 <sup>-3</sup>
<b>3</b>	18,10	20	90,50	4	0,04	0,145 x 10 <sup>-3</sup>
<b>4</b>	17,80	20	89,00	4	0,04	0,142 x 10 <sup>-3</sup>

Continuación

<b>5</b>	16,12	20	80,60	5	0,04	0,161 x 10 <sup>-3</sup>
<b>6</b>	15,44	20	77,20	3	0,04	0,093 x 10 <sup>-3</sup>
<b>7</b>	15,88	20	79,40	5	0,04	0,159 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	14,12	20	70,60	4	0,04	0,113 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	14,80	20	74,00	5	0,04	0,148 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	13,71	20	68,55	5	0,04	0,137 x 10 <sup>-3</sup>
<b>11</b>	13,32	20	66,60	5	0,04	0,133 x 10 <sup>-3</sup>
<b>12</b>	13,66	20	68,30	5	0,04	0,137 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	13,23	20	66,15	4	0,04	0,106 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	13,66	20	68,30	4	0,04	0,109 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	13,88	20	69,40	5	0,04	0,139 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,139 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

En el rodal semi denso para el segundo muestreo se llegó a obtener un valor total de 6,4330 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup>, con un promedio de 0,2144 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 21).

Tabla 21

*Carbono en la biomasa total en el segundo muestreo en Aguajal denso.*

<b>N°</b>	<b>Peso seco de la Hoja (g)</b>	<b>Peso fresco de la hoja (g)</b>	<b>Materia seca (%)</b>	<b>N° de hojas</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Bh (Mg C ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	13,28	20	66,40	8	0,04	0,212 x 10 <sup>-3</sup>
<b>2</b>	13,20	20	66,00	9	0,04	0,238 x 10 <sup>-3</sup>
<b>3</b>	13,19	20	65,95	9	0,04	0,237 x 10 <sup>-3</sup>
<b>4</b>	13,16	20	65,80	9	0,04	0,237 x 10 <sup>-3</sup>
<b>5</b>	13,14	20	65,70	8	0,04	0,210 x 10 <sup>-3</sup>
<b>6</b>	12,12	20	60,60	8	0,04	0,194 x 10 <sup>-3</sup>
<b>7</b>	11,20	20	56,00	8	0,04	0,179 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	11,25	20	56,25	9	0,04	0,203 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	12,24	20	61,20	8	0,04	0,196 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	14,60	20	73,00	10	0,04	0,292 x 10 <sup>-3</sup>
<b>11</b>	14,28	20	71,40	10	0,04	0,286 x 10 <sup>-3</sup>

Continuación

<b>12</b>	12,15	20	60,75	8	0,04	0,194 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	12,19	20	60,95	9	0,04	0,219 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	12,20	20	61,00	8	0,04	0,195 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	11,65	20	58,25	9	0,04	0,210 x 10 <sup>-3</sup>
<b>16</b>	11,55	20	57,75	8	0,04	0,185 x 10 <sup>-3</sup>
<b>17</b>	10,34	20	51,70	9	0,04	0,186 x 10 <sup>-3</sup>
<b>18</b>	10,48	20	52,40	9	0,04	0,189 x 10 <sup>-3</sup>
<b>19</b>	10,39	20	51,95	9	0,04	0,187 x 10 <sup>-3</sup>
<b>20</b>	10,26	20	51,30	8	0,04	0,164 x 10 <sup>-3</sup>
<b>21</b>	10,32	20	51,60	7	0,04	0,144 x 10 <sup>-3</sup>
<b>22</b>	10,22	20	51,10	7	0,04	0,143 x 10 <sup>-3</sup>
<b>23</b>	10,45	20	52,25	9	0,04	0,188 x 10 <sup>-3</sup>
<b>24</b>	10,55	20	52,75	8	0,04	0,169 x 10 <sup>-3</sup>
<b>25</b>	9,99	20	49,95	10	0,04	0,200 x 10 <sup>-3</sup>
<b>26</b>	9,62	20	48,10	11	0,04	0,212 x 10 <sup>-3</sup>
<b>27</b>	9,89	20	49,45	13	0,04	0,257 x 10 <sup>-3</sup>
<b>28</b>	9,67	20	48,35	10	0,04	0,193 x 10 <sup>-3</sup>
<b>29</b>	9,88	20	49,40	9	0,04	0,178 x 10 <sup>-3</sup>
<b>30</b>	10,59	20	52,95	9	0,04	0,191 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,2144 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

En el tercer muestreo el resultado del cálculo de carbono en la biomasa total en el rodal semi denso el total es de 2,0725x10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup>, llegando a obtener un promedio de 0,1382x10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 22).

Tabla 22

*Carbono en la biomasa total en el tercer muestreo en aguajal semi denso*

<b>N°</b>	<b>Peso seco de la hoja (g)</b>	<b>Peso fresco de la hoja (g)</b>	<b>Materia Seca (%)</b>	<b>N° de hojas</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Bh (Mg C ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	18,04	20	90,20	6	0,04	0,216 x 10
<b>2</b>	18,90	20	94,50	5	0,04	0,189 x 10
<b>3</b>	18,12	20	90,60	5	0,04	0,181 x 10
<b>4</b>	17,29	20	86,45	5	0,04	0,173 x 10
<b>5</b>	17,25	20	86,25	4	0,04	0,138 x 10
<b>6</b>	17,20	20	86,00	4	0,04	0,138 x 10

Continuación

<b>7</b>	16,20	20	81,00	5	0,04	0,162 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	15,12	20	75,60	4	0,04	0,121 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	14,16	20	70,80	5	0,04	0,142 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	13,32	20	66,60	4	0,04	0,107 x 10 <sup>-3</sup>
<b>11</b>	13,22	20	66,10	4	0,04	0,106 x 10 <sup>-3</sup>
<b>12</b>	12,81	20	64,05	5	0,04	0,128 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	12,80	20	64,00	3	0,04	0,077 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	11,22	20	56,10	5	0,04	0,112 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	10,42	20	52,10	4	0,04	0,083 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,1382 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

En el rodal semi denso para el tercer muestreo se llegó a obtener un valor de 6,8330 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup>, obteniendo un promedio de 0,2144 x 10<sup>-3</sup> Mg C ha<sup>-1</sup> (Tabla 23).

Tabla 23

*Carbono en la biomasa total en el tercer muestreo en Aguajal denso*

<b>N°</b>	<b>Peso fresco de la hoja</b>	<b>Peso seco de la hoja (g)</b>	<b>Materia seca (%)</b>	<b>N° de hojas</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Bh (Mg C ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>1</b>	13,72	20	68,60	10	0,04	0,274 x 10 <sup>-3</sup>
<b>2</b>	13,82	20	69,10	9	0,04	0,249 x 10 <sup>-3</sup>
<b>3</b>	13,60	20	68,00	11	0,04	0,299 x 10 <sup>-3</sup>
<b>4</b>	13,20	20	66,00	14	0,04	0,370 x 10 <sup>-3</sup>
<b>5</b>	12,80	20	64,00	13	0,04	0,333 x 10 <sup>-3</sup>
<b>6</b>	12,70	20	63,50	14	0,04	0,356 x 10 <sup>-3</sup>
<b>7</b>	12,60	20	63,00	8	0,04	0,202 x 10 <sup>-3</sup>
<b>8</b>	13,90	20	69,50	11	0,04	0,306 x 10 <sup>-3</sup>
<b>9</b>	13,14	20	65,70	10	0,04	0,263 x 10 <sup>-3</sup>
<b>10</b>	13,12	20	65,60	12	0,04	0,315 x 10 <sup>-3</sup>
<b>11</b>	13,16	20	65,80	10	0,04	0,263 x 10 <sup>-3</sup>
<b>13</b>	12,19	20	60,95	9	0,04	0,219 x 10 <sup>-3</sup>
<b>14</b>	12,20	20	61,00	8	0,04	0,195 x 10 <sup>-3</sup>
<b>15</b>	11,65	20	58,25	9	0,04	0,210 x 10 <sup>-3</sup>

Continuación

<b>16</b>	11,55	20	57,75	8	0,04	0,185 x 10 <sup>-3</sup>
<b>17</b>	10,34	20	51,70	9	0,04	0,186 x 10 <sup>-3</sup>
<b>18</b>	10,48	20	52,40	9	0,04	0,189 x 10 <sup>-3</sup>
<b>19</b>	10,39	20	51,95	9	0,04	0,187 x 10 <sup>-3</sup>
<b>20</b>	10,26	20	51,30	8	0,04	0,164 x 10 <sup>-3</sup>
<b>21</b>	10,32	20	51,60	7	0,04	0,144 x 10 <sup>-3</sup>
<b>22</b>	10,22	20	51,10	7	0,04	0,143 x 10 <sup>-3</sup>
<b>23</b>	10,45	20	52,25	9	0,04	0,188 x 10 <sup>-3</sup>
<b>24</b>	10,55	20	52,75	8	0,04	0,169 x 10 <sup>-3</sup>
<b>25</b>	9,99	20	49,95	10	0,04	0,200 x 10 <sup>-3</sup>
<b>26</b>	9,62	20	48,10	11	0,04	0,212 x 10 <sup>-3</sup>
<b>27</b>	9,89	20	49,45	13	0,04	0,257 x 10 <sup>-3</sup>
<b>28</b>	9,67	20	48,35	10	0,04	0,193 x 10 <sup>-3</sup>
<b>29</b>	9,88	20	49,40	9	0,04	0,178 x 10 <sup>-3</sup>
<b>30</b>	10,59	20	52,95	9	0,04	0,191 x 10 <sup>-3</sup>
<b>Promedio</b>						<b>0,2144 x 10<sup>-3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

### 3.2.3. Carbono en la hojarasca en las parcelas densas y semi densas

Los resultados de laboratorio para el cálculo de carbono en la biomasa se resumen en la (Tabla 24), las muestras del aguajal denso dieron 8.99 % de humedad. Mientras que el porcentaje promedio de carbono orgánico fue de 16.68 % en tanto que el porcentaje de materia orgánica llegó a 28.76 %.

Tabla 24

Análisis de laboratorio del contenido de carbono en muestras de hojas

Evaluaciones	Hojas de aguajal denso					
	Peso Fresco (g)	Peso seco Muestra (g)	Pérdida de agua (%)	% de humedad	% CO	% MO
Primera evaluación	20 g	124,25	18,7	6,95	16,283	28,072
Segunda evaluación	20 g	125,2	18,32	9,7	17,794	30,77
Tercera evaluación	20 g	122,8	18,04	10,86	15,966	27,525
					<b>50,043</b>	
<b>Promedio</b>				<b>8,99</b>	<b>16,68</b>	<b>28,76</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Equivalentemente, para el aguajal semi denso la (Tabla 25), muestra resume los resultados del laboratorio, y nos reporta un porcentaje promedio de humedad de 46,00 % mientras que para carbono se tiene 19,40 % y para materia orgánica 33,45 %.

Tabla 25

*Análisis de laboratorio contenido de carbono en hojas aguajal semi denso*

Hoja de aguajal semi denso						
Evaluaciones	Peso Fresco	Peso seco muestra (g)	Pérdida de agua (%)	% Humedad	% CO	% MO
Primera evaluación	20	114,59	14,12	41,64	19,305	33,28
Segunda	20	113,88	13,28	50,6	20,108	34,66
Tercera evaluación	20	115,6	13,72	45,77	18,788	32,39
					<b>58,201</b>	
<b>Promedio</b>				<b>46,00</b>	<b>19,40</b>	<b>33,45</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los porcentajes de humedad para el rodal denso y semi denso se grafican en la Figura 5, observándose que los valores de humedad en aguajal semi denso son más alto que en aguajal denso. Esto ocurre por presencia de especies leñosas (maderables) en el aguajal semi denso frente especies homogéneas en el aguajal denso.

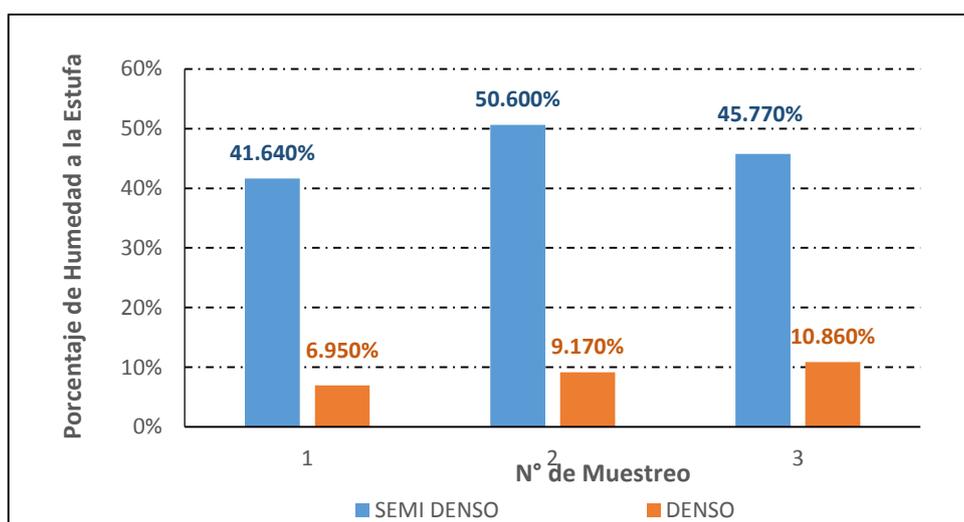


Figura 5. Humedad en la muestra vegetal.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los porcentajes de materia orgánica en el suelo para ambas densidades se grafican en la (Figura 6), donde se observa que en la segunda evaluación ambas densidades llegan a su

valor máximo, 20,11 para semi denso y 17,79 % para denso esto ocurre por su composición florística heterogénea, frente al aguajal denso, que es mucho más homogénea en palmeras

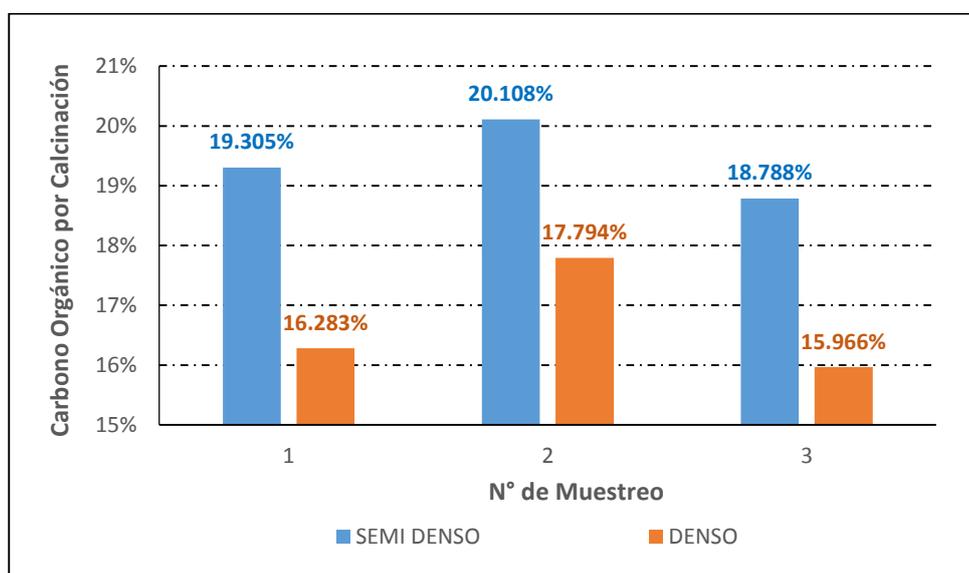


Figura 6. Materia orgánica en la muestra.

Fuente: Elaboración propia (2020)

### 3.3. Carbono almacenado en el suelo del aguajal denso y semi denso

#### 3.3.1. Determinación de pH y carbono orgánico en el suelo

Para apoyar la explicación de los resultados obtenidos, evaluamos el pH del suelo (Tabla 26) y el contenido de carbono orgánico en el suelo (Tabla 26), en ambos se observa que el coeficiente de variación es menor al 18 %.

Tabla 26

Valores de pH del suelo según densidad

Evaluaciones	PROMEDIO pH DEL SUELO	
	Denso	Semi denso
Primera evaluación	5,82	4,84
Segunda evaluación	5,98	5,75
Tercera evaluación	5,98	5,83
C.V. (%)	1,56	10,05

Fuente: Elaboración propia (2020).

El valor de pH del suelo en aguajal semi denso (Figura 7), fue similar para las muestras dos y tres (5,98), lo que se debe a la presencia de materia orgánica en descomposición; mientras

que en aguajal denso el valor hallado para la muestra dos y tres fueron menores al aguajal semi denso, con valores similares entre sí (5,75 y 5,83). Los valores hallados representan una mayor presencia de materia orgánica en descomposición en aguajal denso frente al semi denso.

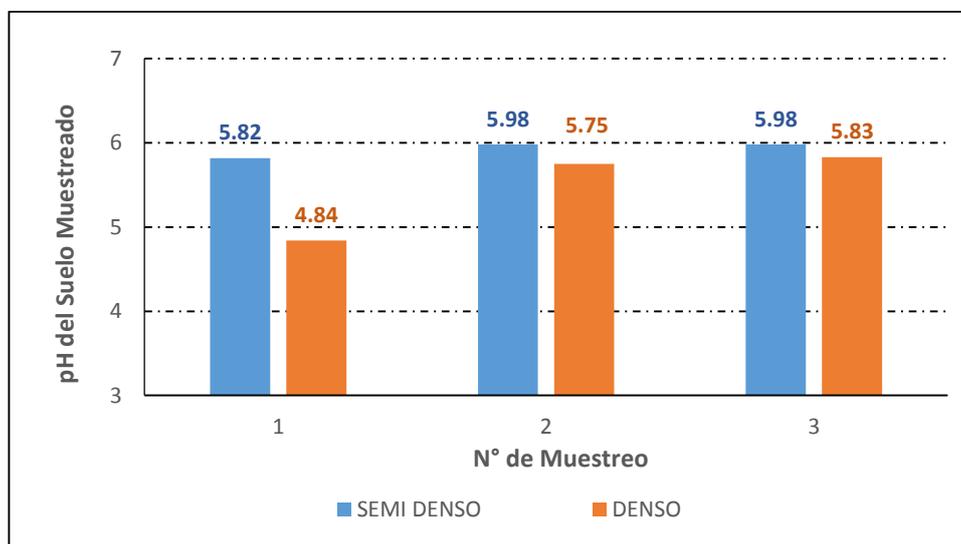


Figura 7. pH del suelo según densidad y muestreo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los resultados obtenidos de carbono en el suelo en los muestreos realizados en las parcelas densas dan un promedio de 24,772 % de carbono orgánico, mientras que en semi densas el promedio fue de 15,795 %, que nos indica que en parcelas densas existe más cantidad de material vegetal, que repercute en que la captura de carbono en aguajal denso sea mayor frente al aguajal semi denso (Tabla 27).

Tabla 27

Valores de carbono orgánico del suelo según densidad

Evaluaciones	PROMEDIO C.O. DEL SUELO (%)	
	Denso	Semi denso
Primera evaluación	21,645	16,965
Segunda evaluación	25,545	15,015
Tercera evaluación	27,127	15,405
<b>Promedio</b>	<b>24,772</b>	<b>15,795</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>11,9</b>	<b>6,53</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

La (Figura 8) muestra el contenido de carbono orgánico en el suelo, en aguajal semi denso cuyos valores reportados indican en la muestra uno 21,64 %, en la muestra dos alcanza 25,54 % en tanto que la muestra tres 27,12 %, esto ocurre por mayor presencia de biomasa.

Con respecto al aguajal denso, la muestra uno reporta un 16,96 %, en tanto que la muestra dos 15,01 % y la muestra tres 15,40 %, esto debido a que existe menor presencia de hojarasca.

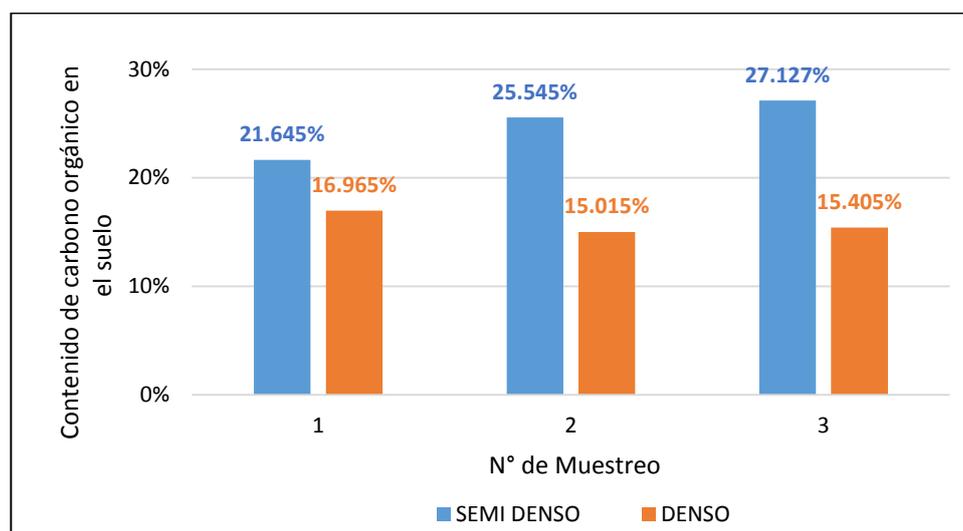


Figura 7. Contenido de carbono orgánico en el suelo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

### 3.3.2. Análisis estadístico de la biomasa total, carbono en hojas y tallos y carbono total en plantas

Los valores promedios determinados para la biomasa se resumieron en la (tabla 28), los que fueron colocados para la determinación del ANOVA mostrado en la (tabla 29). Estos promedios se obtuvieron de valores individuales que se muestran en los Anexos (Anexo 3 al Anexo 8).

Tabla 28

Valores Promedio de la biomasa total (tallo + hoja) según muestreo ( $Mg\ ha^{-1}$ )

BIOMASA TOTAL ( $Mg\ ha^{-1}$ )		
Evaluaciones	Semi Denso	Denso
Primera evaluación	768,080	379,293
Segunda evaluación	879,153	350,838
Tercera evaluación	773,955	321,692
<b>Promedio</b>	<b>807,063</b>	<b>350,608</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

El ANOVA mostrado en la (tabla 29) bajo el diseño experimental completamente aleatorio indico un nivel de significancia de  $\alpha= 0.05$ ), evidenciado diferencias altamente significativas entre densidades evaluadas (F calculado mayor que el F tabular). El análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) sobre los promedios de la tabla 28 determinó que la biomasa arbórea total del rodal denso ( $326,993 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) estadísticamente fue mayor que del rodal semi denso ( $156,964 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), fue importante destacar que en el rodal denso se encontró un promedio de 30 palmeras, mucho mayor que en un rodal semi denso (15 palmeras); lo cual se vio reflejada en la producción de biomasa. Los resultados del análisis de varianza se pueden visualizar en la donde muestran el valor estadístico de prueba y una probabilidad calculada de 141,09, valor que es mucho mayor al nivel de significación de 0,05 equivalente a 18,52; por lo tanto, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias entre las parcelas evaluadas, en la producción de biomasa arbórea según la densidad del rodal.

Tabla 29

*ANOVA de la biomasa arbórea total (tallo + hojas)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>F<sub>t0,05</sub></b>
<b>Densidad</b>	1	317,498	317,498	141.09	18.52 **
<b>Repetición</b>	1	4,340	2,170	0.96	19.00 NS
<b>Error</b>	1	4,500	2,250		

*Fuente:* Elaboración propia (2020)

C.V. = 8,20 %

El ANOVA de la (Tabla 30), bajo el diseño experimental completamente aleatorio (con un nivel de significancia de  $\alpha= 0.05$ ), demostró diferencias altamente significativas en el contenido de carbono en tallos ( $F_c > F_{t0,05}$ ), que es aproximadamente el 90 % del carbono total. El análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) sobre los promedios del carbono del rodal denso estadísticamente fue mayor que del rodal semi denso. Los resultados hallados en el ANOVA mostraron el valor estadístico de prueba, y la probabilidad calculada de 143,65, valor que es menor al nivel de significación de 0,05 equivalente a 225; por lo tanto, se acepta la hipótesis de igualdad de medias entre la producción de biomasa en los puntos de muestreo según la densidad del rodal

Tabla 30

*ANOVA del carbono en tallos*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>F<sub>t0,05</sub></b>
Densidad de árboles	1	317 498,45	317 498,45	143,654	225
Error	4	8 840,61	2 210 ,15		
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>326 339,06</b>			

Fuente: Elaboración propia (2020)

C.V. = 8,12 %

### **Estadísticos descriptivos de biomasa total en población densa**

Los valores que figuran en la (Tabal 31) se obtuvieron de las muestras obtenidas en tres oportunidades sobre un rodal denso, el cual sirvió para interpretar los diagramas de caja siguientes.

Tabla 31

*Estadísticos descriptivos de biomasa total en población densa*

<b>Evaluaciones</b>	<b>N°</b>	<b>Rango</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media</b>
Primera evaluación	30	509	592	1101	744,710	768,080
Segunda evaluación	30	535	683	1218	840,000	879,150
Tercera evaluación	30	515	610	1125	720,000	779,390

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se observa en el diagrama de cajas de la (Figura 8) la biomasa total evaluada en una población densa, únicamente en el primer muestreo se encuentra un solo valor atípico (biomasa de 1101,315 Mg ha<sup>-1</sup>).

En la primera evaluación el 54 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 23 % (bigote inferior). Igual caso ocurre en el segundo muestreo, el 54 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 23.33 % por debajo (bigote inferior). Pero en el tercer muestreo la población dentro de la caja se reduce al 53 %, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 24

% por debajo (bigote inferior). Es decir, más del 50 % de la muestra de árboles de aguaje evaluados se encuentran alrededor de la mediana.

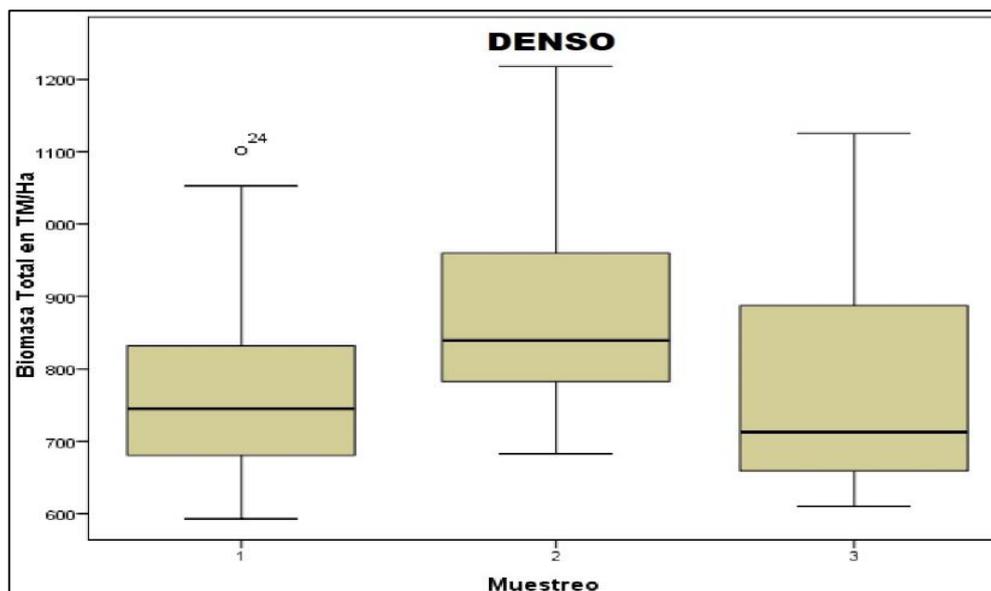


Figura 8. Diagrama de biomasa total en ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Fuente: Elaboración propia (2020).

El análisis de varianza mostrado en la (Tabla 33) muestra diferencia significativa para el carbono capturado por la hojarasca evaluada entre las dos densidades de aguaje evaluado. Los valores para este ANOVA provienen del siguiente cuadro resumen (Tabla 32).

Tabla 32

Valores promedios del carbono en hojas según muestreo

CARBONO EN HOJARASCA ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		
Nº DE MUESTREO	SEMI DENSO	DENSO
<b>Primera evaluación</b>	0.130	0.243
<b>Segunda evaluación</b>	0.139	0.214
<b>Tercera evaluación</b>	0.138	0.228

Fuente: Elaboración propia (2020).

En la (Figura 10), que grafica el carbono capturado en hojas (Tabla 32) se observa que en promedio el rodal denso captura mucho más carbono que en rodal semi denso en aproximadamente el 50 % entre rodal semi denso y el rodal denso lo que equivale a 100 kg de carbono capturado en hojas.

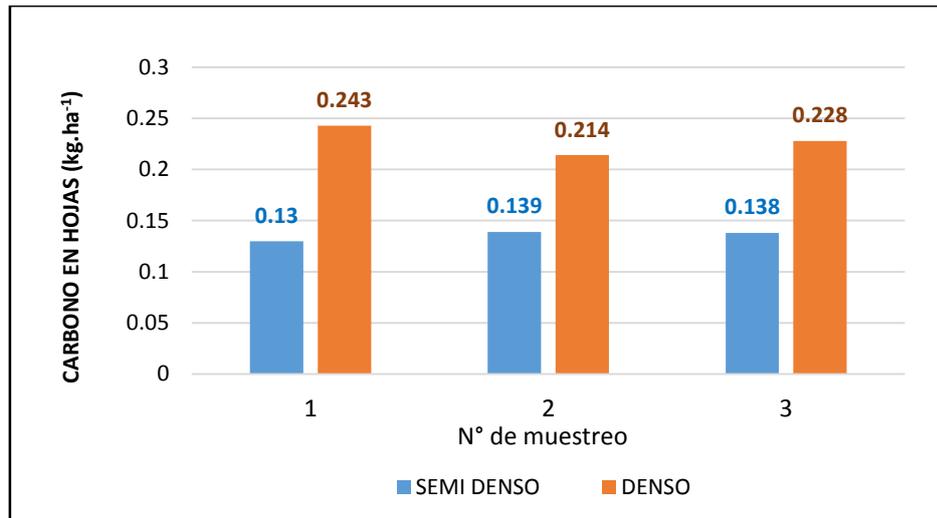


Figura 9. Contenido de carbono en las hojas.

Fuente: Elaboración propia (2020).

Los valores promedio encontrados en carbono en tallos fueron, en rodal denso 807.06 Mg C ha<sup>-1</sup>.C lo que indica que existe más acumulación de carbono por densidad de palmeras, en el rodal semi denso se encontró un valor de 348.80 Mg C ha<sup>-1</sup>, indica la presencia de dispersión de palmeras por densidad, captura menos carbono en tallos en rodal semi denso. (Tabla 33).

Tabla 33

Valores promedios del carbono en tallos

	CARBONO (Mg C ha <sup>-1</sup> )	
	SEMI DENSO	DENSO
<b>Primera evaluación</b>	373.874	768.079
<b>Segunda evaluación</b>	350.838	879.153
<b>Tercera evaluación</b>	321.692	773.955
<b>Promedio</b>	<b>348.801</b>	<b>807.06</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

### Estadísticos descriptivos de carbono total en población semi densa

Los valores que figuran en la (Tabal 34) se obtuvieron de las muestras obtenidas en tres oportunidades sobre un rodal semi denso, el cual sirvió para la interpretación de los diagramas de caja siguientes.

Tabla 34

*Estadísticos descriptivos de carbono total en población semi densa*

<b>Evaluaciones</b>	<b>N°</b>	<b>Rango</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media</b>
Primera evaluación	15	102	132	234	170,353	168,243
Segunda evaluación	15	58	126	183	158,158	157,877
Tercera evaluación	15	79	114	194	141,911	144,761

Fuente: Elaboración propia (2020).

Se observa en el diagrama de cajas del carbono total evaluada en una población semi densa, únicamente en el primer muestreo se encuentra un solo valor atípico (Carbono Total de 234.133 Mg C ha<sup>-1</sup>) (Figura 10).

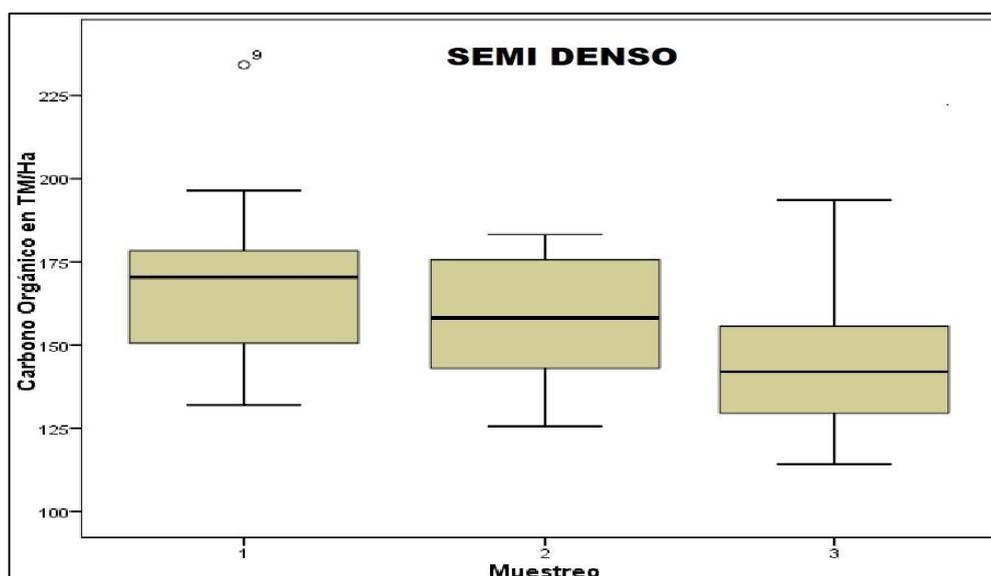


Figura 10. Contenido de Carbono orgánico en (Mg C ha<sup>-1</sup>).

Fuente: Elaboración propia (2020).

Asimismo, en el primer muestreo el 60 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 20 % sobre la caja (bigote superior) y 20 % por debajo (bigote inferior). En el segundo muestreo, el 60 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 20 % sobre la caja (bigote superior) y 20 % por debajo (bigote inferior). Pero en el tercer muestreo la población dentro de la caja fue el 53 %, un 20 % sobre la caja (bigote superior) y 27 % por debajo (bigote inferior) valores que se muestran en la (Tabla 35).

## Estadísticos descriptivos de carbono total en población densa

Tabla 35

Estadísticos descriptivos de carbono total en población densa

Evaluaciones	N°	Rango	Mínimo	Máximo	Mediana	Media
Primera evaluación	30	229	267	496	335,119	345,64
Segunda evaluación	30	241	307	548	377,803	395,62
Tercera evaluación	30	232	275	506	320,764	350,72

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se observa en el diagrama de cajas del Carbono total evaluado en una población densa, únicamente en el primer muestreo se encuentra un solo valor atípico (Carbono Total de 495.592 Mg C ha<sup>-1</sup>) (Figura 11). Asimismo, en el primer muestreo el 54 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 23 % por debajo (bigote inferior). Igual caso ocurre en el segundo muestreo, el 54 % de la población se encuentra dentro de la caja, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 23.33 % por debajo (bigote inferior). Pero en el tercer muestreo la población dentro de la caja se reduce al 53 %, un 23 % sobre la caja (bigote superior) y 24 % por debajo (bigote inferior). Es decir, más del 50 % de la muestra de árboles de aguaje evaluados se encuentran alrededor de la mediana.

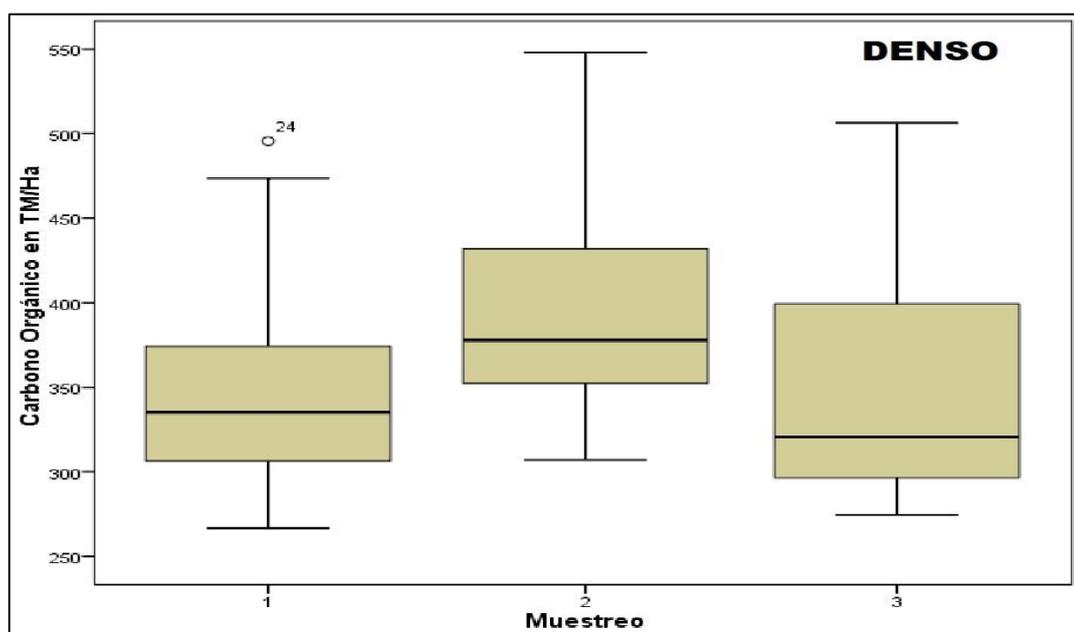


Figura 11. Contenido de Carbono orgánico en (Mg C ha<sup>-1</sup>).

Fuente: Elaboración propia (2020)

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

De acuerdo a Freitas *et al.* (2006), quien realizó una investigación en aguajales del Pacaya Samiria para cuantificar el almacenamiento y fijación de carbono en la biomasa aérea. Determinando que la biomasa aérea del ecosistema denso fue mayor que la de los ecosistemas mixtos (484.52 frente a 424.72 Mg ha<sup>-1</sup>). Estos resultados son mayores a los encontrados en el presente estudio, que reporta para el aguajal denso de Tangumi durante el primer muestreo 345.64 Mg C ha<sup>-1</sup>, mientras que en el segundo muestreo se obtuvo una cantidad mayor equivalente a 395.62 Mg C ha<sup>-1</sup>, a diferencia del tercer muestreo que fue de 350.72 Mg C ha<sup>-1</sup>, encontrándose en los tres puntos de muestreo valores muy cercanos con mínima diferencia entre los resultados (CV de 7.74 %), asumiendo que se debe a la mayor presencia de biomasa arbórea.

Mientras Mitidieri (2014), en su investigación sobre reservas de carbono y composición florística de bosques pantanosos “aguajales”, encontró que la captura de carbono en la hojarasca fue de 1,78 Mg/ C/ha<sup>-1</sup> y 1,73 Mg /C/ha<sup>-1</sup>, que representa una pequeña fracción de la reserva de carbono total sobre el suelo e indica un promedio de 3,745 Mg/C/ha<sup>-1</sup> de hojarasca que representan el 1,9 % de la biomasa total sobre el suelo. Los valores reportados en dicho estudio son mucho mayores a los encontrados en el presente estudio en el aguajal de Tangumi, que fluctúa entre las densidades de palmeras de “aguaje” en denso de 102,79 x 10<sup>-6</sup> Mg/C/ ha<sup>-1</sup> y en semi denso de 61,17 x 10<sup>-6</sup> Mg/ C/ha<sup>-1</sup>.

Por último, Mestanza y Rivas (2013), en el estudio de cuantificación de los servicios ambientales de secuestro de carbono por *Mauritia flexuosa* en el predio estatal denominado zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZOCRE) humedal del Alto Mayo -

sector Tingana (Moyobamba), demostró que el suelo permite establecer componentes de los ecosistemas en que existe una alta concentración de carbono orgánico, que al comparar con los otros componentes del bosque alcanza valores de 75,13 % en el aguajal denso, y 76,81 % en el aguajal mixto; corroborándose la importancia de los aguajales al proporcionar el servicio ambiental de secuestro de carbono en ecosistemas de aguajales. Estos resultados son mucho mayores a los encontrados en el aguajal denso de Tangumi, el carbono orgánico en el suelo mostró valores de 21,64 % en la muestra uno, 25,54 % en la muestra dos y en la muestra tres 27,13 %; esto ocurre por la mayor presencia de hojarasca, materia orgánica en proceso de descomposición. Mientras que los resultados encontrados en el aguajal semi denso de Tangumi, la muestra uno arrojó 16,96 %, en la muestra dos 15,02 % y en la muestra tres 15,40 %; se asume a la menor presencia de materia orgánica (hojarasca), la mayor parte está descompuesta y procesada por los microorganismos.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES

- El área de estudio abarca 8 ha y constituye el aguajal de Tangumi, integrado por rodales de aguaje denso y semi denso, donde se encontró que la biomasa arbórea total del aguajal denso con 1200 individuos  $\text{ha}^{-1}$  fue de 807,06  $\text{Mg /ha}^{-1}$  y mientras que en el aguajal semi denso con 600 individuos  $\text{ha}^{-1}$  se obtuvo la cantidad de 348,801  $\text{Mg/ha}^{-1}$ , notándose de manera clara que el aguajal denso tiene la mayor biomasa arbórea frente al aguajal semi denso.
- El total de carbono capturado por la hojarasca en el aguajal denso reporta un valor de  $401.33 \times 10^{-6} \text{ Mg/C/ha}^{-1}$ , en cambio el aguajal semi denso presenta un valor total  $61.33 \times 10^{-6} \text{ Mg /C/ha}^{-1}$ . En el rodal de aguaje denso de tiene mayor presencia de hojarasca (material vegetal sin descomponer) frente al rodal semi denso frente al rodal semi denso.
- El carbono orgánico total almacenado en el rodal denso es de 1, 078,18  $\text{Mg/C/ha}^{-1}$  a diferencia del rodal semi denso que se halló la cantidad de 739,16  $\text{Mg/C/ha}^{-1}$ . Siendo este valor menor por la presencia de menos materia orgánica en descomposición.
- Los aguajales del sector Tangumi son de mucha importancia para la población aledaña, ya que brindan muchos beneficios, no solo por el aprovechamiento de su fruta como recurso, sino también por el servicio ambiental de la captura de carbono y sumidero. Por lo expuesto se concluye que el ecosistema de aguajal de Tangumi actúa como un sumidero de carbono por los servicios eco sistémicos que brinda de forma directa a la población local de Tangumi, en el distrito de Calzada provincia de Moyobamba en la región de San Martín.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. La Universidad Católica Sede Sapientiae debe incentivar a los alumnos a realizar estudios de captura de carbono en diferentes ecosistemas, con la finalidad de tener registros de sumideros de carbono en otros tipos de bosque de la región.
2. Promover la educación ambiental en los agricultores adyacentes a los aguajales, para que realicen buenas prácticas ambientales orientadas a la conservación de los aguajales, por ser reservorios ambientales para la conservación de la biodiversidad.
3. Que la Autoridad Local del Agua (ALA) declare como patrimonio natural hídrico los aguajales, por ser humedales que benefician a la población rural y a la producción agrícola (cultivo de arroz entre otros).
4. Que la Autoridad Regional Ambiental (ARA) de San Martín realice la actualización de la georreferenciación de los aguajales del Alto Mayo para promover su conservación y protección.
5. Las Municipalidades distritales y provinciales realicen convenios, con Universidades públicas y privadas para realizar trabajos de investigación en aguajales a fin de darle su valor ambiental.

6. La Dirección Regional de Educación de San Martín realice campañas de sensibilización y concientización en las instituciones educativas, sobre la importancia que tiene los agujales.

## REFERENCIAS

- Arango, B. E. (2011). *Sumideros de carbono en el Marco del protocolo de Kioto*. Dialnet. ISSN-e 2027-9442, ISSN 2027-9442, *Año 2, N° 2, 2011*, págs. 13-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3851095>
- Arévalo, C. D. (2015). *Cálculo de carbono del estrato arborescente en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza. (Tesis de grado)*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Alegre, J. R. (2000). *Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonia peruana*. Consorcio para el desarrollo sostenible de Ucayali (CODESU). *Boletín informático*.12:8-9.
- Banco Central de Reserva del Perú (2017). Informe económico y social-Región San Martín, BCR. Lima. Recuperado de <http://bcr.gob.pe/proyeccion-institucional/Encuentros-Regionales/2017/SanMartin/eis-san-martin.2017.pdf>.
- Bastienne, S., Gayoso, J. y Guerra, J. (2000). *Manual de procedimientos. Muestras de Biomasa Forestal*. Universidad Austral de Chile. Recuperado de: [https://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia\\_destructivo.pdf](https://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_destructivo.pdf)
- Baldoceda, R. (2001). Valorización económica del servicio ambiental de captura de carbono de CO<sub>2</sub> en la zona de Neshuya-Curimana. En Valoración Económica de la Diversidad Biológica y Servicios Ambientales en el Perú.
- Béjar, A. M. (2014). *Evaluación de rodales naturales de aguaje (Mauritia flexuosa L.f) con fines de aprovechamiento sostenido en la comunidad Cametsa Quipatsi Suaya en la región Ucayali. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional de la Amazonía, Ucayali, Perú
- Bullón, J., Rodríguez, H., y Munive, E. (1990). Edafología. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

Chambi, P. P. (Octubre, 2001). Evaluación económica de retención de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios. Trabajo presentado en Congreso Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile. Recuperado de [https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/25\\_Chambi.Pdf](https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/25_Chambi.Pdf).

Chávez, J., Andalo, C., Brows, A., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J., Nelson, B., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B., Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and in forests. *Oecologia*. 145(1):87-9. DOI:10.1007/s00442-005-0100-x

Cabudivo, C. K. (2017). Secuestro de CO<sub>2</sub> y producción de oxígeno en árboles de la amazonia. Abelardo Quiñones, Distrito de San Juan Bautista, Loreto-Perú. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Recuperado de <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/UNAP/4694>

*Grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático [IPCC] (2002). Cambio climático y biodiversidad (vol. Documento técnico V del IPCC). Ginebra Zuisa*

*Dávila, H. A. (2014). Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao L.), en los departamentos de 51 Suchitepques y Retalhule sur-occidente de Guatemala. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, México.*

Decreto Supremo N° 013-2010-AG". Reglamento para la Ejecución de levantamiento de suelos. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 19 de noviembre del 2010.

Federación Española de Municipios y Provincias [FEMP] (2012). Sumideros de carbono a nivel local: Red española de ciudades por el clima. España, Vigo: FEMP.

Freitas, L., Pinedo, M., Linares, C., y Del Castillo. (2006). Servicios Ambientales de Almacenamiento o secuestro de carbono en ecosistemas de aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria. Perú, Loreto: Instituto de investigación de la Amazonia Peruana.

Gonzales, D. E. y Noriega, P. P. (2005). *Plan de Manejo Forestal de Mauritia Flexuosa "aguaje" Reserva Nacional Pacaya Samiria*. Recuperado de [http://www.promamazonia.org.pe/wfr\\_Descarga2.aspx?path=WZYzfTK1plqzMScT9bmNYRJnP/OKjFWbiGKvVMU9X4n+YVrpNBa7GFkEBfgWH6m4&no mbre=eSH0Ojj05Gf7yrMbyEINRg](http://www.promamazonia.org.pe/wfr_Descarga2.aspx?path=WZYzfTK1plqzMScT9bmNYRJnP/OKjFWbiGKvVMU9X4n+YVrpNBa7GFkEBfgWH6m4&no mbre=eSH0Ojj05Gf7yrMbyEINRg)

Honorio, E. N, y Baker, T. R. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbón en los bosques amazónicos. Perú, Iquitos: Instituto de la Amazonia Peruana.

INRENA y BIOFOR (2001). *Valoración de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Recuperado de <https://docplayer.es/8032367-Valoracion-economica-de-la-diversidad-biologica-y-servicios-ambientales-en-el-peru.html>

Hiraoka, M. N. (1999). Miriti, (Mauritia Flexuosa) palms and their uses management among the ribeirinhos of the amazon estuary. *Advances in Economic Botany*, 13(1), 169-193. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/43919745?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/43919745?seq=1#metadata_info_tab_contents)

Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana IIAP (2015). *Áreas naturales protegidas propuestas en la Amazonía*. Recuperado de [www.iiap.org.pe/promamazonia/SGAmbiental/ordenamiento/ANPs\\_propuestas.hT Ml](http://www.iiap.org.pe/promamazonia/SGAmbiental/ordenamiento/ANPs_propuestas.hT Ml)

Lapeyre, T., Alegre, J. y Arévalo, L. (2004). *Determinación de la reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín*. *Perú. Ecología Aplicada*. 3 (1,2), 35-44.

Lyders, L.L. (2017). *Captura de carbono mediante estimación de biomasa aérea y necromasa en la zona de aguajales del Alto Mayo, Sector Tingana*. (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba, Perú-San Martín.

Mette, T. A. (2001). *Forest structure and water use of two contrasting premontane forests of the Cerro Tambo, Alto Mayo, North Peru*. (Tesis de grado). Universidad de Bayreuth. Alemania.

MINAGRI (2012). *Estimación del carbono almacenado en la biomasa del bosque de la comunidad nativa Eseésja de Infierno, Madre de Dios, Perú*. Recuperado de [http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT\\_REPORTS/ESTIMACION%20DE%20CARBONO%20CNI.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/ESTIMACION%20DE%20CARBONO%20CNI.pdf)

Ministerio del Ambiente (2010). Segunda comunicación nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Perú, Lima: MINAM

Ministerio del Ambiente (2015). Cuantificación y análisis de la deforestación en la amazonia peruana en el periodo 2010-2011-2013-2014. Perú, Lima: MINAM

Mestanza, C. D. Y Rivas, J. A. (2013). *Cuantificación de los servicios ambientales de secuestro de carbono en *Mauritia flexuosa*, en el predio estatal denominado zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZOCRE), humedal del alto Mayo, sector Tingana- Moyobamba*. (Tesis de grado). UNSM, Moyobamba, Perú.

Municipalidad Provincial de Moyobamba (05 de abril 2004). Ordenanza N° 006-MPM, "Crear el área de conservación Municipal: asociación hídrica aguajal renacal del Alto Mayo". Moyobamba, Perú. Recuperado de <http://siar.regionسانmartin.gob.pe/normas/crean-area-conservacion-municipal-asociacion-hidrica-aguajal-renacal-0>

Mitidieri, R. N. (2014). *Reservas de carbono y composición florística en dos parcelas de 0.5 ha en bosques pantanosos "aguajales" cercanos a las comunidades Quistococha y San Jorge en Loreto, Perú*. Loreto. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú.

Neue, H. U., Gaunt, Z. P., Wang, P. L., Becker-Heidmann, C. M., Quinone. A. I. (1997). *Carbon in tropical wetlands. Geoderma* 79 (1-4), 163-185. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00041-4)

National Aeronautics and Space Administration (2014). IIP Digital. [NASA]. Recuperado de: <http://iipdigital.usembassy.gov/st/article/2014/03/20140320296639.html#axzz2zisLFdZ>

Palomino, C. D. (2007). *Estimación de Servicio ambiental de captura del CO<sub>2</sub> en la flora de los humedales de puerto Viejo. Perú, Lima: UNMSM.*

Ruiz, R., Bravo, A., López, E., Montero G. y Rio, M. (2013). *Do thinnings influence biomass and soil carbon stocks in Mediterranean maritime pinewoods. Eur J Forest Res.* 132(2), 253–262. DOI: 10.1007/s10342-012-0672-z

Rugnitz, T., Marcos. L., y Porro, J. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/259176045\\_Guia\\_para\\_la\\_determinacion\\_de\\_carbono\\_en\\_pequenas\\_propiedades\\_rurales.](https://www.researchgate.net/publication/259176045_Guia_para_la_determinacion_de_carbono_en_pequenas_propiedades_rurales)

Salazar, V. J. (2010). Servicios ambientales de los aguajales y las oportunidades de un negocio global para Loreto. Perú, Loreto.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2014). Datos Meteorológicos. *Estación Meteorológica Rioja. San Martín: (SENAMHI).*

Spittler, M.P., Villegas, V., Ramos, CH. F. (2002). *Inventario forestal de la Comunidad Nativa Huascayacu, Alto Mayo, Perú. Programa de Comunidades Nativas cooperación PEAM -KFW-GTZ-DED.* Moyobamba. Perú.

Ureta, A. M. (2009). Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco. Perú 20808 – 2009. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.

*Vilca, N.C. (2017). Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en biomasa aérea de las familias arecaceae y bombacaceae de un ecosistema aguajal en Posic, San Martín. UCV, Lima*

## TERMINOLOGÍA

### **Aguaje**

Palmera silvestre, crece en los pantanos donde permanecen los suelos permanente o temporalmente inundados, es una palmera dioica pudiendo alcanzar los 40 a 60 m de altura (Hiraoka ,1999).

### **Aguajales**

Ecosistemas pantanosos, constituido principalmente por aguaje (*Mauritia flexuosa*), también está formado por otras palmeras y especies forestales que cumplen un rol importante en la vida de las poblaciones rurales Freitas *et al.* (2006).

### **Almacenamiento de carbono**

Se refiere a la capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad promedio de carbono por hectárea, que será liberado gradualmente a la atmósfera en un tiempo determinado. La unidad de medida es en mega gramo de carbono (Honorio y Baker 2010).

### **Ecosistema**

Sistema conformado por un conjunto de plantas, animales, hongos y microorganismos, asimismo por el medioambiente inerte que les rodea y sus interacciones como unidad ecológica. Los ecosistemas no tienen límites fijos, de modo que sus parámetros se establecen en función de la cuestión científica, política o de gestión que se esté examinando (Alegre, 2000).

### **Servicio ambiental**

La derivación de métodos ecológicos de los ecosistemas que forman parte importante de beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad, como; captura del dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios hidrológicos, belleza escénica, protección contra desastres naturales y la conservación y preservación del medio ambiente (Salazar,2010).

### **Sumidero**

Se entiende cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un Gas de Efecto Invernadero (GEI) de la atmósfera. Un bosque natural o una plantación forestal son sumideros de Carbono (Pedroni, 2007).

### **Gases de efecto invernadero**

Gases componentes de la atmósfera de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre (Mestanza y Rivas, 2013).

### **Carbono**

Es un sólido inodoro, insípido e insoluble en agua que posee carácter reductor. Arde fácilmente dando CO<sub>2</sub>. Se halla en la corteza y la atmósfera terrestre en una proporción de 0.1 % en peso, libre o combinado (Vilca, 2017).

### **Humedales**

Son las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, éstas provenientes de origen natural o artificial, permanentes o temporales, detenidas o corrientes, dulces, salobres o saladas, contenidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en flujo baja no exceda de seis metros (Arango, 2009).

## **In situ**

Es una expresión latina que significa “en el sitio” o “en el lugar”, y que es generalmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar o una manipulación realizada en el mismo campo como es el caso de la descripción morfológica del suelo Freitas *et al.* (2006).

## APÉNDICES

### Apéndice 1: Mediciones biométricas del aguaje

#### Ficha 1: Apuntes biométricos de aguaje

MEDICIONES BIOMETRICOS DEL AGUAJE SEGÚN DENSIDAD					
Hora	N° Muestras	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)

Fuente: Elaboración propia (2020)

#### Ficha 2: Datos biométricos para el diámetro altura del pecho (DAP)

Hora	N°	Muestras	Longitud de circunferencia (cm)	Altura (m)

Fuente: Elaboración propia (2020)

## Apéndice 2: Fotografías de las actividades realizadas



Fotografía 1: Vista correspondientes al área y zona de estudio



Fotografía 2: Toma de datos dasométricos en el área para muestreo



Fotografía 3: Mediciones biométricas del fruto del aguaje según densidad



Fotografía 4: Medición biométrica de la altura del aguaje con el eclímetro



Fotografía 5: Medición biometría de diámetro a la altura del pecho (DAP)



Fotografía 6: Vista de la calicata excavada para muestreo de suelo



Fotografía 7: vista del proceso de secado de muestras de suelo



Fotografía 8: Dosificación de reactivo para la determinación del contenido de materia orgánica



Fotografía 9: Determinación de la textura de suelo por el método de Bouyoucos



Fotografía 10: Estufa utilizada en la determinación de la humedad de las muestras (suelo y material vegetal)



Figura 11: Digestor micro Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total

**Apéndice 3: Resultados de los cálculos realizados en la primera evaluación para rodal semi denso**

N°	Tronco			Hojas		Total	Carbono biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )	
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	B Arborea (Mg ha <sup>-1</sup> )	Número de hojas	Materia seca (%)	Bhoja (kg ha <sup>-1</sup> )		Barborea + Bhoja (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	42.65	0.521	443.597	4	93.50	0.150	443.597	199.619
2	42.97	0.640	384.239	5	87.00	0.174	384.240	172.908
3	47.11	0.703	421.686	4	89.00	0.142	421.686	189.759
4	46.47	0.488	293.076	4	84.00	0.134	293.076	131.884
5	43.93	0.495	296.835	5	79.50	0.159	296.835	133.576
6	46.15	0.610	366.134	3	84.50	0.101	366.134	164.760
7	43.29	0.650	389.984	4	84.50	0.135	389.984	175.493
8	43.93	0.728	436.522	4	74.00	0.118	436.522	196.435
9	46.15	0.867	520.296	5	65.50	0.131	520.296	234.133
10	46.15	0.578	346.864	5	73.00	0.146	346.864	156.089
11	46.15	0.578	346.864	3	69.00	0.083	346.864	156.089
12	43.61	0.660	395.770	5	63.00	0.126	395.771	178.097
13	43.61	0.631	378.563	4	69.50	0.111	378.563	170.353
14	47.75	0.550	330.073	4	73.50	0.118	330.073	148.533
15	49.97	0.565	338.886	5	64.00	0.128	338.886	152.499
<b>Promedio</b>	<b>45.33</b>	<b>0.618</b>	<b>379.293</b>	<b>4.3</b>	<b>76.90</b>	<b>0.130</b>	<b>379.293</b>	<b>170.682</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

**Apéndice 4: Resultados de los cálculos realizados en la primera evaluación para rodal denso**

N°	Tronco		Hojas			Total	Carbono en biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )	
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	Barbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )	N° de hojas	Materia seca (%)	B <sub>hoja</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )		Biomasa total (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	42,02	0,506	607,070	9	70,60	0,254	607,071	273,182
2	43,61	0,516	619,467	10	74,50	0,298	619,467	278,760
3	57,30	0,693	831,784	9	73,00	0,263	831,784	374,303
4	50,93	0,665	797,939	9	69,00	0,248	797,939	359,073
5	50,29	0,877	1052,603	8	69,50	0,222	1052,603	473,671
6	53,79	0,567	680,644	8	63,00	0,202	680,644	306,290
7	42,97	0,557	668,242	10	64,00	0,256	668,243	300,709
8	41,70	0,577	692,258	9	70,50	0,254	692,259	311,516
9	44,24	0,679	814,576	10	69,50	0,278	814,576	366,559
10	41,06	0,585	701,680	8	56,50	0,181	701,680	315,756
11	41,38	0,646	774,630	9	63,50	0,229	774,630	348,584
12	39,79	0,525	630,295	8	82,00	0,262	630,295	283,633
13	39,15	0,647	776,596	7	77,00	0,216	776,596	349,468
14	35,01	0,573	687,574	9	71,00	0,256	687,574	309,408
15	39,79	0,597	716,244	7	78,50	0,220	716,245	322,310
16	42,02	0,612	734,875	9	83,05	0,299	734,875	330,694
17	39,15	0,601	721,125	7	84,15	0,236	721,125	324,506

Continuación

N°	Tronco			Hojas		Total	Carbono en biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )	
	DAP cm	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	Arbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )	N° de hojas	Materia seca (%)	B <sub>Hoja</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )		Biomasa total (Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>18</b>	38,52	0,559	671,253	8	77,15	0,247	671,253	302,064
<b>19</b>	39,79	0,573	687,595	9	79,20	0,285	687,595	309,418
<b>20</b>	42,65	0,494	592,494	9	52,05	0,187	592,494	266,622
<b>21</b>	39,79	0,525	630,295	9	54,10	0,195	630,295	283,633
<b>22</b>	49,02	0,833	1000,110	8	62,65	0,200	1000,110	450,050
<b>23</b>	46,15	0,771	924,971	7	70,65	0,198	924,971	416,237
<b>24</b>	49,34	0,918	1101,315	7	75,60	0,212	1101,316	495,592
<b>25</b>	52,52	0,749	898,453	9	66,10	0,238	898,453	404,304
<b>26</b>	53,48	0,733	879,843	10	56,05	0,224	879,843	395,929
<b>27</b>	47,11	0,636	763,050	8	80,55	0,258	763,051	343,373
<b>28</b>	44,56	0,629	754,541	9	73,35	0,264	754,542	339,544
<b>29</b>	55,70	0,655	785,981	10	76,05	0,304	785,981	353,691
<b>30</b>	50,93	0,704	844,876	9	85,55	0,308	844,877	380,195
<b>Promedio</b>	<b>45,13</b>	<b>0,640</b>	<b>768,079</b>	<b>8,6</b>	<b>70,95</b>	<b>0,243</b>	<b>768,080</b>	<b>345,636</b>

Fuente: Elaboración propia (2020)

**Apéndice 5: Resultados de los cálculos realizados en la segunda evaluación para rodal semi denso**

N°	Tronco		Barbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )	N° de hojas	Hojas		Total	Carbono biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )			Materia seca (%)	Bhoja (kg ha <sup>-1</sup> )	Aarbórea + Bhoja (Mg ha <sup>-1</sup> )	
1	36.61	0.465	278.914	5	91.60	0.183	278.914	125.511
2	43.29	0.678	406.939	5	91.10	0.182	406.940	183.123
3	41.38	0.620	371.822	4	90.50	0.145	371.823	167.320
4	42.97	0.640	384.239	4	89.00	0.142	384.240	172.908
5	44.24	0.531	318.747	5	80.60	0.161	318.747	143.436
6	46.15	0.674	404.675	3	77.20	0.093	404.675	182.104
7	43.29	0.650	389.984	5	79.40	0.159	389.984	175.493
8	44.56	0.659	395.236	4	70.60	0.113	395.236	177.856
9	46.47	0.651	390.768	5	74.00	0.148	390.768	175.846
10	42.34	0.541	324.396	5	68.55	0.137	324.396	145.978
11	37.24	0.502	301.144	5	66.60	0.133	301.144	135.515
12	45.52	0.500	299.963	5	68.30	0.137	299.963	134.983
13	42.02	0.586	351.462	4	66.15	0.106	351.462	158.158
14	38.83	0.546	327.408	4	68.30	0.109	327.408	147.334
15	38.20	0.528	316.870	5	69.40	0.139	316.870	142.592
<b>Promedio</b>	<b>42.21</b>	<b>0.585</b>	<b>350.838</b>	<b>4.5</b>	<b>76.75</b>	<b>0.139</b>	<b>350.838</b>	<b>157.877</b>

Fuente: Elaboración propia (2020)

**Apéndice 6: Resultados de los cálculos realizados en la segunda evaluación para rodal denso**

N°	Tronco			N° de hojas	Hojas		Total	Carbono biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	B <sub>arbórea</sub> (Mg ha <sup>-1</sup> )		Materia seca (%)	Hoja (kg ha <sup>-1</sup> )	B <sub>arbórea</sub> + B <sub>hoja</sub> (Mg ha <sup>-1</sup> )	
<b>1</b>	46.15	0.931	1117.673	8	66.40	0.212	1117.673	502.953
<b>2</b>	35.65	0.594	712.942	9	66.00	0.238	712.942	320.824
<b>3</b>	64.30	0.998	1197.058	9	65.95	0.237	1197.059	538.676
<b>4</b>	55.70	0.702	842.122	9	65.80	0.237	842.122	378.955
<b>5</b>	44.56	0.569	682.680	8	65.70	0.210	682.680	307.206
<b>6</b>	48.70	0.572	686.675	8	60.60	0.194	686.675	309.004
<b>7</b>	43.61	0.574	688.296	8	56.00	0.179	688.297	309.733
<b>8</b>	43.93	0.786	942.887	9	56.25	0.203	942.887	424.299
<b>9</b>	51.88	1.015	1217.624	8	61.20	0.196	1217.625	547.931
<b>10</b>	59.21	0.846	1015.041	10	73.00	0.292	1015.041	456.768
<b>11</b>	47.43	0.678	814.160	10	71.40	0.286	814.160	366.372
<b>12</b>	51.57	0.922	1106.867	10	66.05	0.264	1106.867	498.090
<b>13</b>	49.02	0.652	782.695	10	70.50	0.282	782.695	352.213
<b>14</b>	50.61	0.657	787.943	9	58.05	0.209	787.944	354.575
<b>15</b>	45.20	0.585	702.431	8	57.50	0.184	702.431	316.094

Continuación

N°	Tronco			N° de hojas	Hojas		Total	Carbono
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	Barbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )		Materia seca (%)	Hoja (kg ha <sup>-1</sup> )	Arbórea + Bhoja (Mg ha <sup>-1</sup> )	biomasa total (Mg C ha <sup>-1</sup> )
16	49.02	0.652	782.695	10	50.60	0.202	782.695	352.213
17	48.06	0.592	710.542	8	50.75	0.162	710.542	319.744
18	49.34	0.734	881.052	10	51.00	0.204	881.052	396.474
19	53.16	0.767	920.483	10	51.25	0.205	920.483	414.217
20	55.70	0.842	1010.546	10	78.00	0.312	1010.547	454.746
21	54.75	0.678	813.641	10	74.50	0.298	813.641	366.139
22	49.34	0.771	925.105	8	79.05	0.253	925.105	416.297
23	47.75	0.619	742.664	10	60.65	0.243	742.665	334.199
24	47.75	0.756	907.701	10	46.25	0.185	907.701	408.466
25	50.29	0.763	915.307	10	46.60	0.186	915.307	411.888
26	57.93	0.860	1032.356	10	47.05	0.188	1032.356	464.560
27	49.34	0.697	837.000	8	44.50	0.142	837.000	376.650
28	50.61	0.695	834.293	8	43.50	0.139	834.293	375.432
29	52.84	0.800	959.959	8	44.00	0.141	959.959	431.982
30	56.34	0.670	804.146	8	46.50	0.149	804.146	361.866
<b>Promedio</b>	<b>50.32</b>	<b>0.733</b>	<b>879.153</b>	<b>9.0</b>	<b>59.15%</b>	<b>0.214</b>	<b>879.153</b>	<b>395.619</b>

Fuente: Elaboración propia (2020)

**Apéndice 7 : Resultados de los cálculos realizados en la tercera evaluación para rodal semi denso**

N°	Tronco			N° de hojas	Hojas		Total	Carbono
	DAP (cm)	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )	Aarbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )		Materia seca (%)	Bhoja (kg ha <sup>-1</sup> )	BArborea + Bhoja (Mg ha <sup>-1</sup> )	biomasa total (Mgx10 <sup>-3</sup> C ha <sup>-1</sup> )
1	39.15	0.532	318.9589	6	90.20	0.216	318.959	143.532
2	38.20	0.484	290.4643	5	94.50	0.189	290.465	130.709
3	45.52	0.656	393.7016	5	90.60	0.181	393.702	177.166
4	43.61	0.717	430.1853	5	86.45	0.173	430.185	193.583
5	39.15	0.508	305.0911	4	86.25	0.138	305.091	137.291
6	41.38	0.594	356.3298	4	86.00	0.138	356.330	160.348
7	42.02	0.559	335.4863	5	81.00	0.162	335.486	150.969
8	46.15	0.610	366.1343	4	75.60	0.121	366.134	164.760
9	42.97	0.557	334.1212	5	70.80	0.142	334.121	150.355
10	38.20	0.440	264.0585	4	66.60	0.107	264.059	118.826
11	40.74	0.476	285.3245	4	66.10	0.106	285.325	128.396
12	40.74	0.526	315.3586	5	64.05	0.128	315.359	141.911
13	39.47	0.423	253.7173	3	64.00	0.077	253.717	114.173
14	40.74	0.476	285.3245	5	56.10	0.112	285.325	128.396
15	40.11	0.485	291.1245	4	52.10	0.083	291.125	131.006
<b>Promedio</b>	<b>41.21</b>	<b>0.536</b>	<b>321.692</b>	<b>4.5</b>	<b>75.36</b>	<b>0.138</b>	<b>321.692</b>	<b>144.761</b>

Fuente: Elaboración propia (2020).

**Apéndice 8: Resultados de los cálculos realizados en la tercera evaluación para rodal denso**

N°	Tronco		Árborea (Mg ha <sup>-1</sup> )	N° de hojas	Hojas		Total	Carbono Biomasa Total (Mgx10 <sup>-3</sup> C ha <sup>-1</sup> )
	DAP cm	Biomasa arboles vivos (Mg árbol <sup>-1</sup> )			Materia seca (%)	Bhoja kg ha <sup>-1</sup>	Barbórea + Bhoja (Mg ha <sup>-1</sup> )	
<b>1</b>	41.38	0.594	712.6597	10	68.60	0.274	712.660	320.697
<b>2</b>	41.06	0.636	762.6957	9	69.10	0.249	762.696	343.213
<b>3</b>	39.79	0.549	658.9449	11	68.00	0.299	658.945	296.525
<b>4</b>	39.79	0.549	658.9449	12	66.00	0.370	658.945	296.525
<b>5</b>	40.74	0.576	690.7856	12	64.00	0.333	690.786	310.854
<b>6</b>	38.20	0.506	607.3345	12	63.50	0.356	607.335	273.301
<b>7</b>	39.79	0.549	658.9449	8	63.00	0.202	658.945	296.525
<b>8</b>	36.61	0.525	630.5887	11	69.50	0.306	630.589	283.765
<b>9</b>	41.06	0.508	610.1565	10	65.70	0.263	610.157	274.571
<b>10</b>	42.34	0.514	616.3518	12	65.60	0.315	616.352	277.358
<b>11</b>	38.83	0.819	982.2243	10	65.80	0.263	982.225	442.001
<b>12</b>	36.92	0.678	813.9743	8	60.75	0.194	813.975	366.289
<b>13</b>	40.43	0.739	887.3646	9	60.95	0.219	887.365	399.314
<b>14</b>	37.88	0.563	675.0977	8	61.00	0.195	675.098	303.794
<b>15</b>	40.11	0.509	611.3614	9	58.25	0.210	611.362	275.113

Continuación

N°	Tronco		Barbórea (Mg ha <sup>-1</sup> )	N° de hojas	Hojas		Total	Carbono biomasa total (Mgx10 <sup>-3</sup> C ha <sup>-1</sup> )
	DAP cm	Biomasa arboles vivos (Tm árbol <sup>-1</sup> )			Materia seca (%)	Hoja (kg.ha <sup>-1</sup> )	Arbórea + Hoja (Mg ha <sup>-1</sup> )	
<b>16</b>	42.02	0.772	926.5812	8	57.75	0.185	926.581	416.962
<b>17</b>	39.47	0.611	732.9612	9	51.70	0.186	732.961	329.833
<b>18</b>	39.79	0.549	658.9449	9	52.40	0.189	658.945	296.525
<b>19</b>	38.83	0.568	682.1002	9	51.95	0.187	682.100	306.945
<b>20</b>	39.79	0.597	716.2444	8	51.30	0.164	716.245	322.310
<b>21</b>	39.15	0.578	693.3889	8	51.60	0.144	693.389	312.025
<b>22</b>	42.97	0.640	768.4788	8	51.10	0.143	768.479	345.816
<b>23</b>	40.74	0.526	630.7173	9	52.25	0.188	630.717	283.823
<b>24</b>	53.16	0.938	1125.0349	8	52.75	0.169	1125.035	506.266
<b>25</b>	49.66	0.855	1026.3953	10	49.95	0.200	1026.395	461.878
<b>26</b>	45.20	0.524	628.4911	11	48.10	0.212	628.491	282.821
<b>27</b>	44.56	0.719	862.3329	12	49.45	0.257	862.333	388.050
<b>28</b>	51.88	0.893	1071.5094	10	48.35	0.193	1071.510	482.179
<b>29</b>	54.11	0.883	1059.6402	9	49.40	0.178	1059.640	476.838
<b>30</b>	47.43	0.882	1058.4076	9	52.95	0.191	1058.408	476.284
<b>Promedio</b>	<b>42.12</b>	<b>0.645</b>	<b>773.955</b>	<b>9.6</b>	<b>58.03</b>	<b>0.228</b>	<b>773.955</b>	<b>348.280</b>

Fuente: Elaboración propia (2020)

Apéndice 9: Fichas de descripción de los resultados del análisis de muestras



**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS - ESTACION EXPERIMENTAL DE NUEVA CAJAMARCA**  
 Av. Cajamarca Norte N° 1151, Los Olivos IV Etapa - Distrito de Nueva Cajamarca  
 Provincia de Rioja, San Martín. Teléfono 556443



**RESULTADO DE ANALISIS DE SUELO - CARACTERIZACION**

**NOMBRE :** LUZNELLY TARRILLO CARRANZA  
**PROCEDECENCIA :** Aguajales del Sector Tangumi - Rioja  
**FECHA DE INGRESO :** Varias  
**ATENCION :** "Determinación de la Cantidad de Carbono Capturado por el Aguaje (*Mauritia Flexuosa*) en el Sector Tangumi, Provincia de Rioja – Región San Martín"

**PROFUNDIDAD :** 0 - 30 cm  
**FECHA DE REPORTE :** 2-Dic-16  
**CULTIVO :** Aguaje

Nro	CLAVE LABORATORIO	EDAD DEL CULTIVO	PROCEDECENCIA y/o AGRICULTOR	Análisis Físico						Análisis Químico									
				Textura			Clase Textural	Densidad Aparente	pH	Conductividad Eléctrica	Carbonatos	Materia Orgánica	Elementos Disponibles			C.O.	C / N	Humedad	
				Arena %	Arcilla %	Limo %							N %	P ppm	K ppm				
1	ASC16 - 0150	1er M	M1 (26 Julio 2016) - Denso	60.6	25.8	13.6	Franco Arcilloso Arenoso	1.41	5.82	0.01185	-	37.32	0.602				21.65	35.96	79.10
2	ASC16 - 0151	1er M	M2 (26 Julio 2016) - Semidenso	74.6	5.8	19.6	Franco Arenoso a Arena Franca	1.66	4.84	0.01107	-	29.25	0.812				16.97	20.89	79.90
3	ASC16 - 0256	2do M	M1 (26 Set. 2016) - Denso	13.2	5.16	21.64	Franco Arenoso	1.55	5.98	0.0099	-	44.04	0.420				25.55	60.82	84.10
4	ASC16 - 0257	2do M	M2 (26 Set. 2016) - Semidenso	72.2	9.2	18.6	Arenoso	1.58	5.75	0.01046	-	12.30	1.204				15.02	12.47	69.25
5	ASC16 - 0817	3er M	M1 (26 Nov. 2016) - Denso	59.80	29.32	10.88	Franco Areno Arcilloso	1.39	5.98	0.00531	-	46.76	0.700				27.13	38.75	73.70
6	ASC16 - 0818	3er M	M2 (26 Nov. 2016) - Semidenso	63.84	23.32	12.84	Franco Areno Arcilloso	1.43	5.83	0.01298	-	12.10	0.364				15.41	42.32	76.05

**METODOLOGIA EMPLEADA EN LOS ANALISIS:**

Textura :	Hidrómetro de Bouyoucos	Materia Orgánica :	Walkley y Black	Sodio y Potasio :	Fotometría de Llama
pH :	Potenciómetro en suspensión suelo: agua	Nitrógeno :	Micro Kjeldahl	Calcio y Magnesio :	Versenato E.D.T.A
Conductividad Eléctrica :	Extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1	Fósforo :	Olsen Modificado	Aluminio cambiante :	Yuan, extracción con KCl 1N
Carbonatos :	Gasovolumétrico con calcímetro de Bernard	Capacidad de Intercambio Catiónico :	Suma de Bases cambiables	Acidez Activa :	Yuan, extracción con KCl 1N

Vº Bº Ing. Carlos Egoavil De la Cruz  
 C.I.P. N° 32743



Gladys Ríos Flores  
 Laboratorista de Suelos

“Determinación de la Cantidad de Carbono Capturado por el Aguaje (*Mauritia Flexuosa*) en el Sector Tangumi, Provincia de Rioja – Región San Martín”  
 (Luznely Tarrillo Carranza, 2 de diciembre del 2016)

**FECHA INGRESO:** Julio a Setiembre del 2016 (ingresos según muestreo)

**HUMEDAD DE LA HOJA:**

**ESTUFA** 105 °C x 24 horas

DESCRIPCION	Código	Tara	Muestra	Peso Total	Peso Seco	Suelo Seco	% Humedad
M1 (26 Julio 2016)	1er Muestreo M1	45.36 gr	20 gr	65.36 gr	46.66 gr	1.30 gr	93.50%
M2 (26 Julio 2016)	1er Muestreo M2	45.48	20	65.48	51.36	5.88	70.60%
M1 (26 Setiembre 2016)	2do Muestreo M1	46.04	20	66.04	47.72	1.68	91.60%
M2 (26 Setiembre 2016)	2do Muestreo M2	44.95	20	64.95	51.67	6.72	66.40%
M1 (26 Noviembre 2016)	3er Muestreo M1	44.36	20	64.36	46.32	1.96	90.20%
M2 (26 Noviembre 2016)	3er Muestreo M2	44.48	20	64.48	50.76	6.28	68.60%

**MATERIA ORGÁNICA POR CALCINACIÓN:**

**MUFLA** 500 °C x 4 horas

Código	Tara	Muestra	Peso Total	Peso Seco	Peso Cenizas	% Cenizas	% MO Total	% C.O. Total
M1 (26 Julio 2016)	11.8792 gr	5.0000 gr	16.8792 gr	15.4756 gr	3.5964 gr	71.93	28.072	16.283
M2 (26 Julio 2016)	11.7465	5.0000	16.7465	15.0824	3.3359	66.72	33.282	19.305
M1 (26 Setiembre 2016)	12.5639	5.0000	17.5639	16.0300	3.4662	69.32	30.677	17.794
M2 (26 Setiembre 2016)	12.4833	5.0000	17.4833	15.7500	3.2667	65.33	34.666	20.108
M1 (26 Noviembre 2016)	13.0022	5.0000	18.0022	16.6259	3.6238	72.48	27.525	15.966
M2 (26 Noviembre 2016)	12.8160	5.0000	17.8160	16.1965	3.3805	67.61	32.390	18.788

Carbono Orgánico Total (C.O. Total) = M.O. Total / 1.724

Nueva Cajamarca, 02 de Diciembre del 2016



VºBº Ing. Carlos Hugo Egoávil De la Cruz  
 Registro C.I.P. N° 32743




Gleoder Ruiz Flores  
 Laboratorista de Suelos