



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub> EN BIOMASA AÉREA DE LAS  
FAMILIAS ARECACEAE Y BOMBACACEAE DE UN ECOSISTEMA  
AGUAJAL EN PÓSIC, SAN MARTÍN-2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA**

**NORA CELINDA VILCA NORIEGA**

**ASESOR**

**ING. JUAN ALBERTO PERALTA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Conservación y Manejo de la Biodiversidad**

**LIMA – PERU**

**AÑO 2017**

**PAGINA DEL JURADO**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente:**

---

**Firma del Secretario:**

---

**Firma del Vocal:**

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

De igual forma a mi madre Eva Noriega A. y mi padre Gregorio Vilca M. por brindarme su apoyo incondicional y comprensión durante la etapa de mis estudios.

Y finalmente a Liam Jesús quién siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradecer a Dios, porque él es el que me ha dado la inteligencia, la valentía y fortaleza para que este sueño sea realidad. Sin ti mi Dios no hubiese podido, gracias porque en ti todas las cosas son posibles.

Agradezco a la Universidad César Vallejo por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera; así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

De igual forma agradezco de manera muy especial a mi madre Eva Noriega A. y a mi padre Gregorio Vilca M., a mis hermanos y hermanas por todo su apoyo incondicional, esfuerzo y comprensión durante la etapa de mis estudios.

También quisiera agradecer a mis tíos Martha Noriega A. y Jesús Zaldívar C. y a mi prima Karol Zaldívar N, por apoyarme durante la etapa de mi formación profesional.

Finalmente, agradezco al Biólogo Yakov Quinteros y a sus familiares por brindarme su apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Nora Celinda Vilca Noriega con DNI N° 47486327, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también, bajo juramento, que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos Julio del 2017.

.....

Nora Celinda Vilca Noriega

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en Posic, San Martín-2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental

La autora

Nora Celinda Vilca Noriega

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un área de ecosistema aguajal ubicado en el distrito de Pósic, provincia Rioja en la región San Martín-2017, con el objetivo de determinar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae. La metodología usada fue no experimental descriptiva con muestreo no destructivo, la cual consistió en utilizar formulas alométricas para calcular la biomasa aérea y posteriormente determinar el carbono y el CO<sub>2</sub> almacenado. Asimismo, se determinó el pago por el servicio ambiental utilizando el precio de \$5.9 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> almacenado en ecosistemas forestales establecido por FOREST TRENDS (2016).

Se identificó cinco especies correspondientes a la familia Arecaceae (*Mauritia flexuosa*; *Mauritiella armata* (Mart.) Burret; *Oenocarpus bataua* Mart.; *Oenocarpus mapora* H.Karst. y *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl.) y dos especies para la familia Bombacaceae (*Ceiba samauma* (Mart.) K. Schum. y *Matisia bracteolosa* Ducke) haciendo un total de 556 individuos para el aguajal semidenso y 355 para el aguajal mixto, siendo las especies *Mauritia flexuosa* y *Matisia bracteolosa* Ducke las que tienen mayor cantidad de individuos para ambos tipos de ecosistema de aguajal.

Los resultados que se obtuvieron del carbono capturado por la familia Arecaceae fue de 42.5 Mg/Ha, por lo tanto, el CO<sub>2</sub> almacenado es 156 Mg/Ha, mientras que para familia Bombacaceae es de 10.9 Mg/Ha y el CO<sub>2</sub> almacenado es de 40 Mg/Ha, haciendo un total de 53.4 MgC/Ha y un total de 196 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> almacenado para el aguajal semidenso. Por otro lado, el carbono capturado por el aguajal mixto es de 40.3 MgC/Ha y el CO<sub>2</sub> almacenado es de 148 Mg/Ha correspondientes a las familias Arecaceae (7.7 MgC/Ha y 28.3 Mg CO<sub>2</sub>/Ha) y Bombacaceae(48 MgC/Ha y 176 Mg CO<sub>2</sub>/Ha).

Asimismo, se utilizó el precio de \$5.9 dólares americanos establecido por FOREST TRENDS(2016)el pago por el servicio ambiental alcanza el monto de 920.6 dólares/Ha para la familia Arecaceae y 235.2 dólares para la familia Bombacaceae sumando un total de 1155.9 dólares/Ha para el aguajal semidenso, mientras que para el aguajal mixto el monto para la familia Arecaceae es de 873.5 dólares y para los árboles de Bombacaceae es de 167.5

dólares, haciendo un total de 1041 dólares correspondiente al aguajal mixto. Por lo tanto, el aguajal semidenso tiene un mayor pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> que el aguajal mixto. En conclusión, el almacenamiento de CO<sub>2</sub> es mayor en la familia Arecaceae que en la familia Bombacaceae, haciendo un total de 1303.4 Mg para toda el área de estudio y el pago por el servicio ambiental es 7690.1 dólares americanos.

**Palabras claves:** Ecosistema aguajal, almacenamiento de CO<sub>2</sub> y pago por el servicio ambiental.



## ABSTRACT

This research carried out in an area of aguajal ecosystem located in the district of Postic, Rioja province in the region of San Martín-2017. the objective was to determining the storage of CO<sub>2</sub> in the aerial biomass of vegetal families like Arecaceae and Bombacaceae. The methodology was non-experimental descriptive with non-destructive sampling, which consisted to use allometric formulas for calculate the aerial biomass then determining the carbon and the CO<sub>2</sub> stored. Likewise, payment for the environmental service was determined using the price of \$ 5.9 per tonne of CO<sub>2</sub> stored in forest ecosystems established by FOREST TRENDS (2016).

Five species belong the family Arecaceae (*Mauritia flexuosa*; *Mauritiella armata* (Mart.) Burret; *Oenocarpus bataua* Mart., *Oenocarpus mapor* to H. Karst and *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl.) And two species more belong the family Bombacaceae (*Ceiba samauma* (Mart.) K. Schum. And *Matisia bracteolosa* Ducke), making a total of 556 individuals for semi-heavy aguajal and 355 for mixed aguajal, the species *Mauritia flexuosa* and *Matisia bracteolosa* Ducke being the most abundant Individuals for both types of aguajal ecosystem.

The results obtained from the carbon captured by the Arecaceae family were 42.5 Mg/Ha; therefore, the stored CO<sub>2</sub> is 156 Mg/Ha, while for the Bombacaceae family is 10.9 Mg/Ha and the stored CO<sub>2</sub> is 40 Mg / Ha, making a total of 53.4 MgC/Ha and a total of 196 Mg/Ha CO<sub>2</sub> stored for semi-heavy aguajal. In the other hand, the carbon captured by mixed aguajal is 40.3 MgC/Ha and the stored CO<sub>2</sub> is 148 Mg/Ha corresponding to the families Arecaceae (7.7 MgC/Ha and 28.3 Mg CO<sub>2</sub>/Ha) and Bombacaceae (48 MgC / Ha and 176 Mg CO<sub>2</sub> /Ha).

In addition, the price is US \$ 5.9 established by FOREST TRENDS (2016), the payment for the environmental service is \$ 920.6 / Ha for the Arecaceae family and \$ 235.2 for the Bombacaceae family. Making a total of \$ 1155.9/Ha For semi-dense aguajal, while for mixed aguajal the amount for the Arecaceae family is 873.5 dollars and the Bombacaceae trees is 167.5 dollars, making a total of 1041 dollars corresponding to the mixed aguajal. Therefore, the semi-heavy aguajal payment is more expensive for the environmental storage service of CO<sub>2</sub> than

mixed aguajal. In conclusion, CO<sub>2</sub> storage is higher in the Arecaceae family than in the Bombacaceae family, making a total of 1303.4 Mg for the entire study area and payment for the environmental service is 7690.1 US dollars.

**Keywords:** Aguajal ecosystem, storage of CO<sub>2</sub> and payment for the environmental service.

## ÍNDICE

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| DEDICATORIA .....  | III                                  |
| AGRADECIMIENTO .....   | IV                                   |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....   | V                                    |
| PRESENTACIÓN.....  | VI                                   |
| RESUMEN.....   | VII                                  |
| ABSTRACT.....  | IX                                   |
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 1                                    |
| 1.1. Realidad problemática.....  | 2                                    |
| 1.2. Trabajos previos.....   | 3                                    |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema.....                                       | 7                                    |
| 1.3.1. Cambio Climático .....  | 7                                    |
| 1.3.2. Dióxido de carbono .....  | 7                                    |
| 1.3.3. Protocolo de Kioto.....   | 7                                    |
| 1.3.4. El ciclo de carbono.....  | 8                                    |
| 1.3.5. Fotosíntesis.....   | 9                                    |
| 1.3.6. Almacenamiento y fijación de carbono .....                            | 9                                    |
| 1.3.7. Sumidero de carbono .....   | 9                                    |
| 1.3.8. Servicios ambientales .....   | 10                                   |
| 1.3.9. Ecosistema .....  | 11                                   |
| 1.3.10. Ecosistema aguajal.....  | 11                                   |
| 1.3.11. Arecaceae.....   | 11                                   |
| 1.3.12. Bombacaceae .....  | 12                                   |
| 1.3.13. Biomasa.....   | 12                                   |
| 1.3.14. Biomasa aérea.....   | 13                                   |
| 1.3.15. Métodos para determinar la biomasa aérea .....                       | 13                                   |
| 1.3.16. Formulas alométricas .....   | 13                                   |
| 1.3.17. Diámetro a la Altura del Pecho(DAP) .....                            | 14                                   |
| 1.3.18. Altura total del fuste .....   | 15                                   |
| 1.3.19. Área Basal .....   | 15                                   |
| 1.3.20. Volumen de la madera .....   | 15                                   |
| 1.3.21. Factor de expansión.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 1.3.22. Estimación del tamaño de la unidad muestral para el inventario ..... | 15                                   |
| 1.3.23. Mercados ambientales .....   | 16                                   |

|  |    |
|--|----|
| 1.3.24. Normativa .....  | 16 |
| 1.4. Formulación del problema.....   | 17 |
| 1.4.1. General .....   | 17 |
| 1.4.2. Específicos .....   | 17 |
| 1.5. Justificación del estudio.....  | 17 |
| 1.6. Hipótesis.....  | 19 |
| 1.6.2. Hipotesis Especificas .....   | 19 |
| 1.7.1. General .....   | 19 |
| 1.7.2. Específicos .....   | 19 |
| II.METODO .....  | 20 |
| 2.1. Diseño de Investigación.....  | 20 |
| 2.2. Tipo de estudio.....  | 20 |
| 2.3. Variables y Definición Operacional.....   | 21 |
| 2.3. Población y muestra.....  | 23 |
| 2.3.1. Población .....   | 23 |
| 2.3.2. Muestra .....   | 23 |
| 2.3.3. Ubicación del área de estudio .....   | 23 |
| 2.3.4. Caracterización del bosque.....   | 25 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....  | 25 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos.....   | 32 |
| 2.4.1. Análisis de datos .....   | 32 |
| 2.6. Aspectos éticos.....  | 32 |
| III. RESULTADOS.....   | 33 |
| 3.1. Características de la zona de estudio.....  | 33 |
| 3.2. Familia Arecaceae.....  | 34 |
| 3.2.1. Biomasa aérea en especies de la familia Arecaceae .....   | 34 |
| 3.2.2. Carbono capturado por la familia Arecaceae y por tipo de aguajal....  | 35 |
| 3.2.3. CO <sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae para aguajal mixto y semidenso .....                             | 36 |
| 3.3. Familia Bombacaceae.....  | 37 |
| 3.3.1. Biomasa en la familia Bombacaceae para aguajal semidenso y mixto. ....  | 37 |
| 3.3.2. Carbono capturado en especies de la familia Bombacaceae .....   | 38 |
| 3.3.3. CO <sub>2</sub> almacenado en la familia Bombacaceae.....   | 39 |
| 3.4. CO <sub>2</sub> promedio almacenado en las familias familias Arecaceae y Bombacaceae para el ecosistema aguajal ..... | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.5. Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO <sub>2</sub> .....   | 42 |
| 3.5.1. Pago por el servicio ambiental para la familia Arecaceae y Bombacaceae.....                                       | 42 |
| 3.5.2. Pago por el servicio ambiental por tipo de aguajal .....  | 43 |
| 3.5.3. Pago por el servicio ambiental para toda el área de estudio .....   | 44 |
| IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....   | 45 |
| 4.1. Caracterización del área de estudio.....  | 45 |
| 4.2. Carbono y CO <sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae.....   | 45 |
| 4.2.2. Carbono almacenado individuos de la familia Bombacaceae.....  | 46 |
| 4.3. Pago por el servicio ambiental.....   | 47 |
| 4.3.1. Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO <sub>2</sub> de las familias Arecaceae y Bombacaceae ..... | 47 |
| 4.3.2. Pago por el servicio ambiental para el ecosistema semidenso y mixto .....   | 47 |
| V. CONCLUSIONES.....   | 48 |
| VI. RECOMENDACIONES.....   | 49 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 50 |
| ANEXOS.....  | 69 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura N° 1: Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre.....                   | 8  |
| Figura N°2: Medición del diámetro de los árboles. ....   | 14 |
| Figura N°3: Mapa de ubicación del área de estudio. ....  | 24 |
| Figura N° 4: Diseño del establecimiento de parcelas. ....                                      | 27 |
| Figura N°5: Biomasa de la familia Arecaceae en aguajal semidenso y mixto. .                    | 34 |
| Figura N°6: Carbono captura por las especies de la familia Arecaceae y tipo de ecosistema..... | 35 |
| Figura N°7: CO <sub>2</sub> almacenado por la familia Arecaceae y tipo de ecosistema. .        | 37 |
| Figura N°8: Biomasa de la familia Bombacaceae y tipo de aguajal. ....                          | 38 |
| Figura N°9: Carbono captura por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal. ..                   | 39 |
| Figura N°10: CO <sub>2</sub> almacenado por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal. 40       |    |
| Figura N°11: CO <sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae. ...           | 41 |
| Figura N°12: Pago por el servicio ambiental por familia y tipo de ecosistema. 42               |    |
| Figura N°13: Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO <sub>2</sub> . .....       | 44 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla N°1: Carbono en ecosistemas naturales. ....   | 10 |
| Tabla N°2: Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora mayor del bosque. ....  | 16 |
| Tabla N°3: Matriz de operacionalización de variables. ....  | 21 |
| Tabla N° 4: Densidades de las especies de la familia Arecaceae y Bombacaceae. ....  | 30 |
| Tabla N°5: Media, Desviación estándar y coeficiente de variación del CO <sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae. .... | 32 |
| Tabla N°6: Resultados del inventario en la zona de estudio. ....  | 33 |
| Tabla N°7: Biomasa aérea de las especies de la familia Arecaceae para los dos tipos de aguajal. ....  | 34 |
| Tabla N°8: Carbono capturado en aguajal semidenso y mixto. ....   | 35 |
| Tabla N°9: CO <sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae para los dos tipos de aguajal. ....   | 36 |
| Tabla N°10: Biomasa aérea en especies de la familia Bombacaceae. ....   | 37 |
| Tabla N°11: Carbono capturado por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal. ....  | 38 |
| Tabla N°12: CO <sub>2</sub> almacenado en especies de la familia Bombacaceae. ....  | 39 |
| Tabla N°13: Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO <sub>2</sub> por familia y tipo de aguajal. ....                           | 42 |
| Tabla N°14: Pago por el servicio ambiental para el aguajal semidenso y mixto. ....  | 43 |
| Tabla N°15: CO <sub>2</sub> y pago por el servicio ambiental para toda el área de estudio. ....   | 44 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| ANEXO N°1: Ficha de recolección de datos en campo .....                                     | 55 |
| ANEXO N°2: Ficha de determinación de la Biomasa aérea, carbono, CO <sub>2</sub> y PSA ..... | 56 |
| ANEXO N°3: Matriz de consistencia .....   | 57 |
| ANEXO N° 4 .....  | 58 |
| ANEXO N°5: Plano de establecimiento de parcelas en el área de estudio. ....                 | 58 |
| ANEXO N°6: Coordenadas de las parcelas ubicadas en el área de estudio. ..                   | 59 |

|  |    |
|--|----|
| ANEXO N°7: Panel fotográfico .....   | 63 |
| ANEXO N°8: Constancia de identificación de especies de palmeras y árboles de la estudio..... | 70 |

### ÍNDICE DE PANEL FOTOGRAFÍCO

|   |    |
|---|----|
| Ilustración N°1: Cultivo de arroz en el ecosistema aguajal de Pósic, San Martín. ....   | 63 |
| Ilustración N°2: Palmeras <i>Mauritia flexuosa</i> en el ecosistema de aguajal en el distrito de Pósic.....   | 63 |
| Ilustración N°3: Árboles de la familia <i>Bombacaceae</i> en el ecosistema aguajal, Pósic. ....   | 64 |
| Ilustración N° 4: Tirando la Wincha para para luego colocar las rafias para establecer las parcelas. ....   | 64 |
| Ilustración N°5: Tomando las coordenadas de una esquina de la parcela. ....   | 65 |
| Ilustración N°6: Delimitando las parcelas de 20 x20 metros en el ecosistema aguajal, en Pósic.....  | 65 |
| Ilustración N°7: Colocando la estaca para amarrar las rafias para establecer la parcela. ....   | 66 |
| Ilustración N°8: Estaca de una esquina de la parcela de 20x20 metros en el aguajal de Pósic.....  | 66 |
| Ilustración N°9: Midiendo con la regla a 1.3 metros sobre del suelo para luego medir el DAP con la cinta métrica. ....  | 67 |
| Ilustración N°10: Midiendo el Diámetro(DAP) a 1.3 metros del suelo de la especie <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke de la familia <i>Bombacaceae</i> con la cinta métrica. .... | 67 |
| Ilustración N° 11: Midiendo la altura con el clinómetro a las palmeras. ....  | 68 |
| Ilustración N°12: Apuntando los datos de altura y DAP de las familias en estudio. ....  | 68 |
| Ilustración N°13: Especies enumeradas del área de estudio.....  | 69 |
| Ilustración N° 14: Culminando de enumerar las palmeras. ....  | 69 |

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los fenómenos que alteran las condiciones climáticas y la pérdida de la biodiversidad a nivel global, es el cambio climático. Este fenómeno es generado por las actividades antropogénicas tales como: el cambio de uso de suelos y la deforestación; así como también las causas naturales. Este cambio está generando que la temperatura aumente a nivel mundial, lo cual se manifiesta en la variación y distribución de las precipitaciones provocando sequías y a la vez aumentando grandes cantidades de gases de efecto invernadero (entre ellos el dióxido de carbono- CO<sub>2</sub>) (IPCC, 2002).

Una manera de mitigar esta situación, consiste en absorber el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa de los bosques en forma de carbono. Las plantas juegan un papel importante en el secuestro del carbono atmosférico mediante el proceso de fotosíntesis, es así que mediante este mecanismo captan el CO<sub>2</sub> con la finalidad de producir su propio alimento en conjunto con el agua y la energía del sol. La fijación y el almacenamiento del carbono es uno de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas forestales (ARÉVALO, 2015).

La importancia de realizar las mediciones de la biomasa de las plantas para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado, se debe a que cumplen un papel importante como sumideros de carbono. En la presente investigación, se utilizó el método indirecto, el cual consiste en usar formulas alométricas para determinar la biomasa aérea (a través del recojo de las medidas de los árboles en campo como altura y el diámetro (Diámetro a la altura del pecho-DAP)); por ende, el carbono y CO<sub>2</sub> almacenado en las familias Arecacee y Bombacaceae del ecosistema aguajal ubicado en el distrito de Pósic-Rioja, departamento San Martín.

Bajo esta expectativa, en la presente investigación se realizó la medición del CO<sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae para un área de aguajal semidenso y otra para aguajal mixto. Por último, se determinó el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para las familias Arecaceae y Bombacaceae del aguajal semidenso y mixto.



## 1.1. Realidad problemática

En la actualidad las actividades antropogénicas son las causantes de los problemas ambientales en el planeta, estas actividades como el cambio de uso de suelos y la deforestación generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero (entre ellos el CO<sub>2</sub>), que son la causa principal del calentamiento global y de la pérdida de biodiversidad. Los ecosistemas terrestres en general almacenan Carbono “C” en el suelo, biomasa aérea y en la hojarasca, estos se ven seriamente afectados debido a las actividades del ser humano (IPCC, 2002). Nuestro país se caracteriza por abarcar grandes extensiones de bosques como los aguajales ecosistemas formados principalmente por las palmeras de la familia Arecaceae (formaciones casi mono específicas de palmeras *Mauritia flexuosa*) y los árboles de la Bombacaceae que ocupan más de 6 millones de hectáreas en la selva amazónica (RAINFOREST ALLIANCE, 2015). Sin embargo, estos ecosistemas de aguajal se están viendo seriamente afectados debido a la deforestación y el uso de suelos para el cultivo de arroz y maíz amarillo duro; están reduciendo su capacidad de estas plantas para almacenar carbono al disminuir la población de palmeras y árboles (GORESAM, 2014).

De acuerdo con los estudios realizados por MINAM (2015) sobre la cuantificación de la deforestación en la Amazonía peruana para el periodo 2010-2014, la región de San Martín se ubica en el primer lugar en deforestación a nivel nacional con 97200.58 hectáreas deforestadas en las provincias de: Moyobamba, San Martín, Lamas, Rioja, entre otras, como consecuencia del crecimiento demográfico acelerado que ha tenido esta región en los últimos años (GORESAM, 2014).

En el último censo de población y vivienda realizado por el INEI (2007), muestra que la población en esta región es de 728808 habitantes entre ellos principalmente migrantes que provienen de las regiones de Cajamarca y Amazonas, con 20601 y 10068 habitantes respectivamente, seguidos por la región Lima, La libertad entre otras.

Es por ello la imperiosa necesidad de determinar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae y los árboles de la familia Bombacaceae del ecosistema aguajal, por ser uno de los pocos bosques

que se mantiene y al darle un valor ambiental se asegura su permanencia. Asimismo, debido a que son considerados sumideros naturales de carbono y a la vez es una herramienta principal para mitigar el Cambio Climático, principalmente de los GEI (gases de efecto invernadero) como el dióxido de carbono-CO<sub>2</sub> (IPCC, 2002).

## **1.2. Trabajos previos**

A continuación, se presenta estudios relacionados a la presente investigación, tanto de nivel nacional como internacional.

Para GUZMÁN (2004) citado por RAINFOREST ALLIANCE (2015), las plantaciones de *Mauritia flexuosa* son conocidas en nuestro país como ecosistemas de aguajal; es la especie con mayor capacidad de fijar carbono entre tres a cinco veces más que otro bosque tropical de la selva. Esta planta almacena entre 480 a 600 Mg/ha de carbono en la biomasa aérea y en el suelo es de 532 a 632 MgC/Ha; constituyendo el suelo la parte más importante en almacenar el carbono. Por lo tanto, el valor eco-sistémico y ecológico de los aguajales es muy sobresaliente con respecto al almacenamiento de carbono.

Según FREITAS *et al.* (2006) realizaron una investigación la cual tuvo como objetivo cuantificar el almacenamiento y fijación de carbono y establecer lineamientos básicos para la determinación de carbono almacenado en ecosistemas inundables (aguajales). La metodología que utilizaron fue destructiva y para la determinación de carbono almacenado en los diferentes componentes de los árboles utilizaron las ecuaciones de regresión. Los resultados que obtuvieron del inventario fue de 432 individuos/Ha para el aguajal denso y 380 individuos/Ha para el aguajal mixto, con respecto al carbono capturado se tiene que para el aguajal denso es de 484.52 MgC/Ha y para aguajal mixto es de 424.72 MgC/Ha; Por otro parte, el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> por absorción neta es de 0.90 MgC/Ha/año. En conclusión, la Reserva Nacional de Pacaya Samiria tiene un área de 971115 hectáreas y acumula un total de 448 273 384,40 toneladas de carbono; el 23% corresponde a biomasa (aérea y necromasa) y el 77% a carbono almacenado en el suelo.

MARTEL & CAIRAMPOMA (2012) realizaron un estudio en el departamento de Madre de Dios. El objetivo de dicho estudio fue estimar el carbono almacenado en las distintas formaciones vegetales presentes en el bosque CICRA y valorizar según el precio de éstos en el carbono. Se estimó el carbono almacenado en la biomasa aérea mediante fórmulas alométricas. Para el pago por el almacenamiento de carbono utilizaron el precio de un sitio con características equivalentes al CICRA. Para ello eligieron el precio de 15 dólares americanos que fue utilizado para los bosques de Costa Rica. Los resultados encontrados del inventario es de 263 individuos/Ha, mientras que el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las formaciones amazónicas son las siguientes: para bosques de terraza almacenan 335.11 MgC/ha; bosques inundables 141.81 MgC/ha; aguajal 115.4 MgC/ha; pacal 13.55 MgC/ha y carrizal 39.87 MgC/ha. En conclusión, el almacenamiento carbono fue un total de 776603.28 MgC para toda el área de estudio (2977.89 Ha) y la valoración total fue de 11 649 049.2 millones de dólares americanos.

Según LEBLANC *et al.* (2006) realizaron un estudio sobre la fijación y captación de carbono con palmera aceitera. La investigación tuvo como objetivo evaluar la cantidad de carbono fijado en biomasa aérea y en el suelo de este agroecosistema en la región de Costa Rica. Las plantaciones de palma fueron sembradas hace 7 años en un potrero abandonado (con 143 plantas por hectárea) haciendo un área total de 10 ha. Para determinar la cantidad de biomasa primeramente realizaron el pesado en fresco y luego tomaron muestras de 200 gramos de hojas y troncos y fueron llevadas a laboratorio para su respectivo análisis. Los resultados que encontraron fue que la fijación total media de carbono en las palmas fue de 96.02 Mg/Ha y el suelo con un 76.4 % de carbono almacenado siendo mayor que en la biomasa aérea. En conclusión, las plantaciones de palma tienen gran potencial de fijación de carbono, y esto se da en los primeros 7 años de desarrollo de dicha planta; siendo el suelo el que mayor cantidad de carbono almacena.

GARCÍA *et al.* (2012) realizaron un estudio en 4 zonas de la cuenca del río Aguaytía ubicado en la región de Ucayali. El trabajo tuvo como objetivo determinar el carbono almacenado en aguajales. Para ello determinaron 4 zonas de estudio con diferentes altitudes. En dichas zonas establecieron 18 parcelas

de 25 x 100m para la estimación de la biomasa aérea, necromasa y carbono orgánico del suelo (COS). Para la estimación del carbono en la biomasa utilizaron formulas alométricas, los valores obtenidos lo multiplicaron por 0.5 fracción de carbono establecida por el IPCC. Los resultados para la biomasa aérea el carbono total fue de 96.33 MgC/Ha; para el COS en zonas altas los estudios reportan que es de 3.78 t/Ha y en las zonas con altitudes bajas el resultado fue de 197.86 Mg/Ha siendo el depósito de mayor cantidad de carbono; con respecto a la necromasa fue el almacén con menor cantidad de carbono. En conclusión, el área de estudios ubicadas en zonas en la parte baja tienen mayor almacenamiento de carbono que en la zona alta y la mayor cantidad de carbono se encuentra almacenado en el suelo.

ESPINOZA *et al.* (2014) realizaron un estudio con las plantaciones de *Mauritia flexuosa* y *Elaeis guineensis* en Pucallpa. El objetivo del estudio fue determinar el carbono almacenado y fijado en dichas plantaciones. Las plantaciones de palma aceitera (29 años) y el aguaje (20 años), fueron instalados en suelos degradados. Utilizaron el método no destructivo, el cual consiste en usar formulas alométricas determinar la biomasa aérea y posteriormente el carbono almacenado. Por otra parte, también determinaron el carbono almacenado en el suelo. Los resultados que encontraron fueron los siguientes: el stock de carbono promedio en la biomasa de *Mauritia flexuosa* es de 2.164 MgC/Ha; mientras que para la palma aceitera un total de 31.2610 MgC/Ha y la fijación en el suelo fue de 3.730 MgC/Ha. En conclusión, el aguaje logró 2.540 MgC/Ha acumulados en la biomasa aérea y la palma aceitera logro en total 34.99 MgC/Ha, siendo la capacidad de acumulación de carbono menor en el aguajal que en la palma aceitera.

CAÑARI & PANDURO (2014) realizaron una investigación sobre la captura de carbono en plantas de palma aceitera. El objetivo del estudio fue cuantificar el potencial de fijación y almacenamiento de carbono en palmas aceiteras de 10 años de edad. La metodología que utilizaron fue no experimental descriptiva con muestreo no destructivo. Determinaron el carbono acumulado tanto en la biomasa aérea como en el suelo; para el suelo tomaron muestras de suelo y fueron llevadas a laboratorio para su respectivo análisis. Los resultados encontrados de acumulación de carbono en palma aceitera fue de 22.30

MgC/Ha en biomasa aérea y 46.66 MgC/Ha en el suelo almacenando la mayor cantidad de carbono. El flujo de carbono que obtuvieron fue de 3.05 MgC/Ha/año y, el almacenamiento de CO<sub>2</sub> es de 11.20 MgC/Ha/año. Finalmente, los autores concluyen que las plantaciones de palma aceitera tienen menor potencial de almacenamiento de carbono, entre 7 a 8 veces con respecto a los bosques primarios.

HONORIO *et al.* (2015) realizaron un estudio en ecosistemas de la amazonia peruana. El estudio tuvo como objetivo establecer una línea base en el conocimiento de la diversidad florística, la estructura y la densidad de carbono sobre el suelo de los bosques estacionalmente inundables y pantanosos de Loreto. El estudio lo realizaron en los bosques cercanos a Jenaro Herrera y Veinte de Enero en el noreste peruano. Para el cálculo de la biomasa de las palmeras (*Mauritia flexuosa*) utilizaron ecuaciones alométricas. Los resultados que encontraron para la biomasa aérea del ecosistema pantanoso e inundable varía entre 105.6 a 328.7 MgC/Ha y para la necromasa aérea varía entre 4.2 y 11.1 MgC/Ha. En conclusión, el carbono almacenado en la biomasa aérea y hojarasca para ambos bosques pantanosos e inundables es similar.

AREVALO (2015) menciona en su tesis la cual tiene como objetivo determinar la cantidad de carbono existente en el estrato arbóreo del bosque natural de Tinajillas. La metodología que utilizó fue el método indirecto para el cálculo de la biomasa aérea. Para ello recogió datos en campo de los árboles como diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del fuste. Los resultados que obtuvieron reportan que los árboles de la familia Bombacaceae almacenan 1.5 MgC/Ha. En conclusión, los árboles de la familia Bombacaceae para el área de estudio capturan 1.5 MgC/Ha.

CABUDIVO (2017) realizó un estudio en el distrito de San Juan Bautista, departamento de Loreto, el cual tuvo como objetivo determinar el secuestro de CO<sub>2</sub> y la producción de oxígeno de los árboles urbanos de distintas clases diamétricas. Para ello, utilizó la metodología no destructiva la cual consistió primeramente en inventariar los árboles y palmeras del área de estudio (midió la altura total y el diámetro del fuste a la altura del pecho, 1.30 metros sobre el suelo), estas variables se introdujeron en las fórmulas alométricas para obtener

la biomasa, carbono, CO<sub>2</sub> y oxígeno. Los resultados que reporta dicho estudio sobre el inventario son de 418 individuos entre árboles y palmeras, con respecto a la biomasa, la especie *Mauritia flexuosa* es que produce mayor cantidad de biomasa concentrándose en la clase diamétrica de 35-40cm, siendo menor en las demás clases diamétricas de >30-35cm; 35.40cm ; >40-45 cm. El total de biomasa fue de 85.57 Mg, el carbono de 42.79 Mg; mientras que el CO<sub>2</sub> secuestrado es de 197.46 toneladas.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Cambio Climático**

En la actualidad se ha generado variaciones notorias e importantes en todo el mundo sobre el clima; ya sea en la temperatura, la lluvia y la elevación del nivel del mar, todo esto acarrea consigo modificaciones y alteraciones en la biodiversidad; se ha demostrado que han habido cambios en la atmosfera, así como en el clima en la tierra, y una de las explicaciones encontradas es la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo cual perjudica la eficiencia de la fotosíntesis y el uso de las aguas. Por consiguiente, afecta la fertilidad de las plantas y otros procesos de los ecosistemas (IPCC, 2002).

#### **1.3.2. Dióxido de carbono**

El CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) es un gas que se produce de manera natural o antropogénicas. Es considerado un subproducto generado por el cambio de uso de suelos, malas prácticas de manejo de suelos, la deforestación, etc. Estas actividades están generando aumentando de las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>. Además, el CO<sub>2</sub> es el principal gas antropogénico de efecto invernadero (GEI) el cual está favoreciendo en mayor proporción al cambio climático (IPCC, 2002). También indican que este gas es eliminado por el proceso de la fotosíntesis pero a una tasa que no compensa el incremento que se ha producido en la emisión y que su tiempo de residencia es de aproximadamente de 150 años (ZÚÑIGA Y CRESPO, 2010).

#### **1.3.3. Protocolo de Kioto**

El Protocolo de Kioto (Japón, 1997) buscó reducir, para el periodo 2008-2012, el 5,2% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) registrados en

1990. Este hecho se consideró como un mecanismo de ámbito internacional, para empezar a reducir los impactos del cambio climático. Así mismo, en este Protocolo se estableció la necesidad de estimar la cantidad de carbono acumulado en los “sumideros de GEI”, y hacer posible la implementación de mecanismos de desarrollo limpio (MDL) a través de ellos. A fin de entender lo que pasará en el futuro si seguimos agotando los sistemas vegetales y actuar frente a esto, considerando que la vegetación constituye un sistema importante para acumular el CO<sub>2</sub> y convertirlo en moléculas orgánicas a través de la fotosíntesis (ONU, 1992).

#### 1.3.4. El ciclo de carbono

El ciclo del carbono 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 atmosfera. 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 en CO<sub>2</sub> y vuelva a la atmosfera (SCHIMEL, 1995; SMITH *et al.*, 1993 *citado por* DÁVILA, 2011).

En la siguiente figura N°1, se muestra el ciclo de carbono:

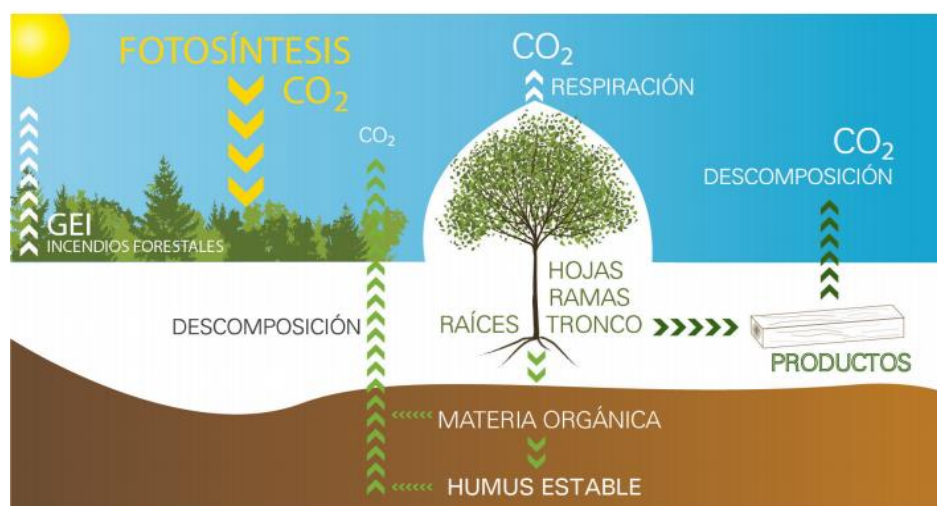


Figura N° 1: Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre.  
Fuente: Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP, 2012).

### **1.3.5. Fotosíntesis**

Según PALOMINO (2007) la fotosíntesis es un proceso por el cual las plantas, algas y bacterias fotosintéticas, emplean la energía de la luz para convertirlo en energía química; esto permite que los cloroplastos y las moléculas de clorofila absorban y usen el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono, para formar carbohidratos [(CH<sub>2</sub>O)] y liberar oxígeno. La conversión de CO<sub>2</sub> en compuestos orgánicos, se conoce como fijación o asimilación del carbono. En este aspecto, los individuos fotosintéticos absorben el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera y asimilan el carbono para finalmente depositarlos en las hojas, flores, tallos y raíces de estos.

### **1.3.6. Fijación de carbono y almacenamiento de CO<sub>2</sub>**

Según DÁVILA (2011), 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, CARVAJAL (s.d) 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.

### **1.3.7. Sumidero de carbono**

Sumidero es cualquier proceso o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero o precursor de un gas de efecto 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. Es por ello, que se le considera



como principal sumidero de carbono. Por otra parte, los sumideros 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, 2002), 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 atmosfera y lo integran a su estructura (MINAM, 2009). A continuación, se puede observar en la tabla N°1 los diversos ecosistemas naturales que son considerados como sumideros.

Tabla N°1: *Carbono en ecosistemas naturales.*

| Carbono en ecosistemas naturales |                                 |                                 |                          |   |                                    |  |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---|------------------------------------|--|
|                                  | Crecimiento de la vegetación    | Descomposición de la vegetación | Fuente o sumidero de C   | Reserva actual de C (t C/ha)  | Lugar de mayor almacenamiento de C | Principal(es) amenaza(s) de potenciales emisiones de C     |
| Tundra                           | Lento                           | Lento                           | Sumidero                 | Aprox. 258  | <i>Permafrost</i>                  | Temperaturas al alza                                       |
| Bosque boreal                    | Lento                           | Lento                           | Sumidero                 | Suelo: 116-343 Vegetación: 61-93  | Suelo                              | Incendios, tala, minería                                   |
| Bosque templado                  | Rápido                          | Rápido                          | Sumidero                 | 156-320   | Biomasa superficial y subterránea  | Grandes pérdidas históricas, pero han disminuido mucho     |
| Pastizales templados             | Intermedio                      | Lento                           | Probablemente Sumidero   | Suelo: 133; Vegetación: 8   | Suelo                              | Grandes pérdidas históricas, pero han disminuido mucho     |
| Desierto y matorrales secos      | Lento                           | Lento                           | Sumidero (pero incierto) | Suelo desértico: 14-102<br>Suelo árido: <266, Vegetación: 2-30  | Suelo                              | Degradación del suelo                                      |
| Sabanas y pastizales tropicales  | Rápido                          | Rápido                          | Sumidero                 | Suelo: <174, Vegetación <88   | Suelo                              | Incendio con conversión posterior a pastizal               |
| Bosques tropicales               | Rápido                          | Rápido                          | Sumidero                 | Suelo: 94-191; Vegetación: 170-250  | Vegetación superficial             | Deforestación y degradación de los bosques                 |
| Turbas                           | Lento                           | Lento                           | Sumidero                 | 1450  | Suelo                              | Desecación, conversión, incendios                          |
| Océanos y costas                 | En función del plancton: Rápido | Rápido                          | Sumidero                 | (Total) Superficie: 1020 Gt C, C orgánico disuelto: 700 Gt C; Océano profundo: 38100. Sedimentos: 150 | Océano profundo                    | No hay emisiones, pero disminuye la capacidad de absorción |

*Fuente:* Papel de los ecosistemas en la mitigación del Cambio Climático (PNUMA, 2009).

### 1.3.8. Servicios ambientales

Según la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (2014) menciona que los servicios ambientales están definidos como:

“Los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Los ecosistemas cumplen funciones importantes, entre ellos se cuenta la regulación

hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística y la formación de suelos, entre otros”.

### **1.3.9. Ecosistema**

Según CAMACHO y GÓMEZ (2008) citado por GORESAM (2014) definen a un ecosistema como conjunto de seres vivos que interactúan en su entorno físico; sus límites pueden ser algo parciales, y estos dependen del interés del estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar en función a las escalas asignadas; pudiendo llegar abarcar todo el planeta.

### **1.3.10. Ecosistema aguajal**

Ecosistema 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 msnm aproximadamente. Estos ecosistemas están conformados por diferentes especies de flora como las palmeras, Bombacáceas, meliáceas, moráceas y leguminosas en territorios temporal o permanentemente inundados, producto de los desbordes que generan los ríos durante su creciente y por las lluvias. Los suelos donde se desarrollan los aguajales son pobres en drenaje y con abundante materia orgánica (MINAM, 2015). Estos ecosistemas están conformados principalmente por individuos de *Mauritia flexuosa* en toda la Amazonía.

RAINFOREST ALLIANCE (2015) afirma que los aguajales son zonas inundables de mal drenaje donde crecen las palmeras como *Mauritia flexuosa* que produce frutos de consumo directo. Los ecosistemas de aguajales son de gran importancia tanto para el alimento del ser humano y de la fauna silvestre de la selva. También cumple un papel importante como sumidero 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* (205 individuos/ha) lo que representa un enorme servicio ambiental debido a la captura de carbono.

### **1.3.11. Arecaceae**

Según LASSO *et al.* (2013) la familia Arecaceae o palmeras está representada por 231 especies comprendidas en 44 géneros. En el territorio peruano, la

palmera *Mauritia flexuosa* es la especie más abundante y representativa para las poblaciones nativas y rurales. En bosque abierto, *M. flexuosa* alcanza más de 25m de altura y suele conformar extensos palmares distribuidos en toda la amazonia del Orinoco.

En el Perú los individuos de la familia Arecaceae (palmeras) forma extensos ecosistemas conformados principalmente por aguajal *Mauritia flexuosa* que abarca más de 6 millones hectáreas; más conocidos como aguajales, ubicados en las llanuras de la amazonia desde niveles bajos hasta los 900 msnm aproximadamente (RAINFOREST ALLIANCE, 2015).

### **1.3.12. Bombacaceae**

La familia Bombacaceae está constituida mayormente por árboles son comunes en bosques húmedos amazónicos y pueden llegar a tener entre 8 a 20 metros de altura. La mayoría de las Bombacaceae crecen en altitudes de 1300m a 3000m (LEÓN, 2006).

La familia Bombacaceae presenta 30 géneros y 250 especies, son arboles usualmente medianos a grandes con troncos engrosados y tienen forma de botella algunos géneros (*Cavanillesia*, *Eriotheca*, y *Pseudobombax*), frecuentemente raíces tabulares, ramas a menudo verticiladas y horizontales; espinas a veces presentes (*Ceiba*, *Pachira* y *Spirotheca*). Los arboles miden entre 8 a 20 metros de altura y generalmente su diámetro es de 1 a 2.5 metros; sus hojas son simples o apalmadas (ZARATE, MORI y MACO, 2013).

Según HUAMÁN (2014), estos árboles están seriamente amenazados debido a la tala y deforestación de estos bosques. Son dos motivos que dificultan la regeneración del bosque, puesto que desaparecen los arboles semilleros más antiguos de los bosques de la amazonia. Cabe mencionar que siete especies en cinco géneros son endémicas en nuestro país y son la *Eriotheca peruviana*, *Pachira brevipes* (Robyns) Alverson generalmente crecen en bosques húmedos amazónicos como los aguajales.

### **1.3.13. Biomasa**

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima o por

debajo 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 madera muerta. La biomasa tiene una especial importancia debido a que permite conocer las cantidades de carbono almacenado por los árboles y este se cuantifica en toneladas por hectáreas (BASTIENNE *et al.*, 2000).

#### **1.3.14. 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 en: tallos, hojas, ramas, flores, etc. No se incluyen la hojarasca y demás materia en descomposición (RUGNITZ, CHACÓN Y ROBERTO, 2009). En la zona de estudio esta biomasa aérea está conformada por las palmeras de la familia Arecaceae y árboles de la familia Bombacaceae.

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

Según las metodologías propuestas por el Ministerio del medio Ambiente para la estimación de la biomasa (MINAM, 2009), existen dos métodos para la determinación de la biomasa en plantas, estos se indican a continuación:

- Método Directo: Consiste en el apeo de los árboles para realizar el pesado en fresco tanto de ramas, troncos, frutos y a la vez estimar su volumen; luego se toma muestras las cuales serán llevadas a laboratorio para determinar el carbono en peso seco. Además, este método es más costoso y requiere más tiempo para realizar el trabajo.
- Método indirecto: Consiste en realizar observaciones en campo y medir las alturas y diámetros de los árboles, para luego insertarlas en formulas y a través de ellas, estimar la biomasa de una especie forestal de manera no destructiva. Este método requiere poca inversión y poco tiempo.

#### **1.3.16. Formulas alométricas**

Según RUGNITZ *et al.* (2009) señala que una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite 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 formaliza de forma cuantitativa dicha relación.

La alometría estudia los patrones de crecimiento de los seres vivos y las proporciones de sus partes en relación a las dimensiones totales del número de variables independientes; la ecuación puede ser una regresión lineal simple de una única variable o una regresión lineal múltiple con más de dos variables. El uso de ecuaciones alométricas permite el estimar la biomasa de una especie forestal de una manera no destructiva y extrapolable. Existe formulas alométricas por especie, por grupos de especies y por estrato de bosque (HONORIO Y BAKER, 2010).

### 1.3.17. Diámetro a la Altura del Pecho(DAP)

Los árboles son medidos con la corteza, a la altura del pecho(1.30m) determinándolo a este diámetro como DAP. El valor de la altura para la medición de 1,30 m sobre el suelo es una medida estándar más común y elemental, requerida en mediciones forestales en todo el mundo. Las mediciones de DAP es utilizado para calcular el área basal, volumen de la madera y la biomasa aérea de cada árbol (AREVALO, 2015). En la siguiente figura N°2 se muestra la medición del diámetro de un árbol.

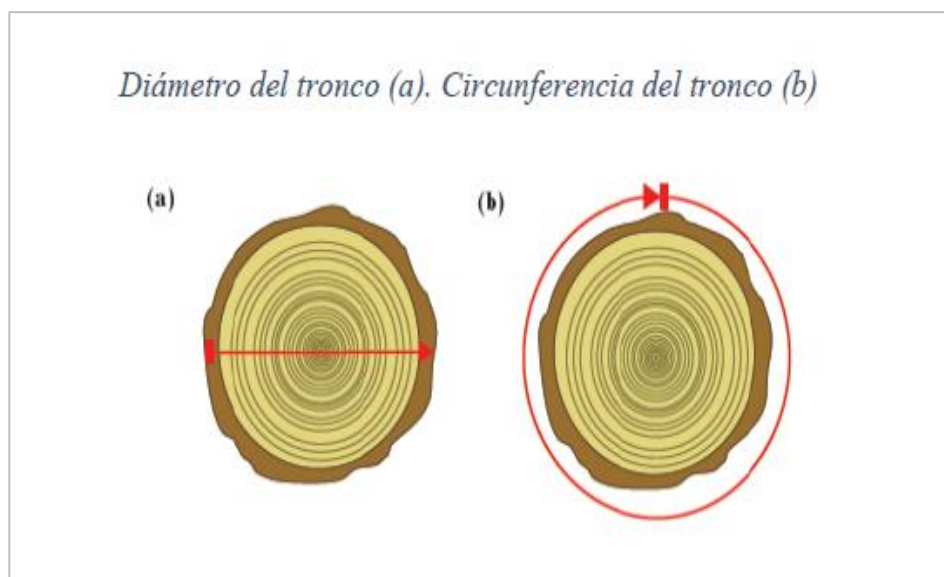


Figura N°2: Medición del diámetro de los árboles.

Fuente: WALKER et al. Guía de campo para la medición de biomasa y carbono forestal, Massachuset, USA, 2011 citado por AREVALO, 2015.

### **1.3.18. Altura total del fuste**

Según AREVALO (2015), la altura total de un árbol es la longitud de línea recta desde la base del fuste hasta el extremo superior del árbol.

### **1.3.19. Área Basal**

El área basal está definida por la suma de la sección transversal del fuste a la altura del DAP de los árboles por unidad de superficie (CANCINO, 2006 *citado por* AREVALO, 2015).

### **1.3.20. Volumen de la madera**

ALVAREZ (2005) *citado por* AREVALO (2015) mencionan que el volumen de la madera se obtiene por medio de la medición del DAP y la altura total del fuste de los árboles. Posteriormente, se expande a la unidad de superficie utilizando el factor de forma definido por el tamaño de la muestra.

### **1.3.22. Estimación del tamaño de la unidad muestral para el inventario**

Según el MINAM (2010) menciona en la Guía de Evaluación de Flora Silvestre que la unidad muestral es la unidad de superficie básica donde se realizan el registro de las especies y las mediciones u observaciones respectivas de sus características. La determinación del tamaño de la unidad de muestreo se basa en el criterio del “área mínima de la comunidad”. Lo ideal es que se tenga establecido el tamaño mínimo de la unidad muestral para cada tipo de ecosistema existente. Sin embargo, existe poca información al respecto; para ello se puede utilizar lo propuesto en el tabla N°2 donde se muestra los tamaños mínimos de las unidades muestrales basados en la relación especie-área por cada tipo de ecosistema.

Tabla N°2: *Estimación del tamaño mínimo de la unidad muestral de la flora mayor del bosque.*

| ECOSISTEMAS FORESTALES                                   | COMPOSICION FLORISTICA / OTRAS | TAMAÑO MINIMO DE LA UNIDAD MUESTRA (HA) |
|--|--------------------------------|---|
| Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo < 600 m (Selva Baja)    | Heterogénea                    | 0.80 – 1.00                             |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Húmedo / Bosque Pluvial 600 – 4000 m (Selva Alta) | Heterogénea                    | 0.50 – 0.80                             |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Subhúmedo 600 - 2500 m (Andino)                   | Heterogénea                    | 0.50                                    |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Semárido 600 – 2500 m (Bosque Seco del NO)        | Heterogénea                    | 0.50                                    |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Arido < 600 m (Bosque Seco del NO)                | Heterogénea                    | 0.50                                    |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Húmedo / Bosque Subhúmedo < 4000 m (Relicto)      | Heterogénea                    | 0.50                                    |
|  | Homogénea                      | 0.10                                    |
| Bosque Húmedo > 4000 m (Relicto)                         | Homogénea                      | 0.05                                    |
| Bosque Plantado  | Copa angosta                   | 0.03                                    |
|  | Copa amplia                    | 0.05                                    |

*Elaborado por:* Guía de Evaluación de Flora Silvestre (GEFS, 2010).

### 1.3.23. Mercados ambientales

Los mercados ambientales buscan convertirse en fuentes de información para los servicios ambientales. El Grupo Katoomba, en el Manual Introdutorio para Evaluar y Desarrollar Pagos por Servicios Ambientales (2007) señala lo siguiente: “Creemos que al proporcionar información sólida y confiable acerca de precios, regulación, ciencia y otros asuntos relevantes para el mercado, podemos contribuir a que los mercados de servicios ambientales se conviertan en una parte fundamental de nuestro sistema económico y ambiental, ayudando a valorar dichos servicios que, durante demasiado tiempo, se han dado por hecho” (FOREST TRENDS, 2007).

### 1.3.24. Normativa

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, menciona en su artículo 85° numeral 85.3, donde establece que la Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades ambientales sectoriales y descentralizadas, elabora y actualiza permanentemente el inventario de los recursos naturales y de los servicios ambientales, estableciendo su correspondiente valorización.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. General**

- ✓ ¿Cuánto de CO<sub>2</sub> es almacenado en la biomasa aérea de las familias *Arecaceae* y *Bombacaceae* de un ecosistema aguajal en el distrito de Pósic, San Martín-2017?

### **1.4.2. Específicos**

- ✓ ¿Cuánto es la cantidad de carbono acumulado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia *Arecaceae* con DAP  $\geq 7.5$  cm para una hectárea?
- ✓ ¿Cuánto es la cantidad de carbono fijado en árboles de la familia *Bombacaceae* con DAP  $\geq 7.5$  cm para una hectárea?
- ✓ ¿Cuánto es el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> las familias *Arecaceae* y *Bombacaceae* para una hectárea de aguajal semidenso?

## **1.5. Justificación del estudio**

La deforestación y el cambio de uso del suelo (especialmente para el cultivo de arroz y maíz amarillo en la región San Martín) motivadas por políticas estatales que promovieron la colonización del territorio amazónico y la subvención de productos agrícolas fueron los principales motivos para el establecimiento de migrantes (principalmente de Cajamarca y Amazonas), a inicios de los años setenta. Desde esa época la migración a la zona se ha incrementado considerablemente (INEI, 2009) y en los últimos 10 años la falta de territorios aptos para la agricultura ha dado un vuelco dirigiendo su mirada hacia los aguajales, que antes eran considerados territorios pantanosos y zonas de protección sin mayor utilidad para las poblaciones, lo que ha motivado que éstos sean deforestados principalmente para el cultivo de arroz ya que éste requiere territorios inundables.

Los ecosistemas de aguajal brindan servicios de gran interés tanto económico y social como ambiental. Es así que, las palmeras de la familia *Arecaceae* (aguaje) es una especie clave en el territorio y debe concentrar nuestra atención; ya



que cumple un papel importante en el almacenamiento de carbono y mitigación del cambio climático, ya que son considerados los principales sumideros de carbono debido a que disminuyen los gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> (Freitas *et al.* 2006). También estos bosques desempeñan un papel importante en la cadena trófica debido a que son la fuente de alimentos para muchas especies como: majas, sajino, huangana, sachavaca, peces y sirve de base para el anidamiento de especies vulnerables como el guacamayo (MASS y Comité de Protección “Maynani”, 2011).

Mediante el desarrollo de la investigación se quiere estimar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal, ya que nos va a permitir conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede liberar al ambiente si se cortan estas plantas. Por otro lado, al calcular el pago por el servicio ambiental los productores tendrán la oportunidad de elegir su sistema productivo de acuerdo a los beneficios.

Fuente de información para futuras investigaciones donde incluyan las especies de Arecaceae y Bombacaceae, ya que según las estadísticas ambientales-INEI (2012), algunos géneros de la familia Arecaceae se encuentran en Peligro de crítico de extinción como las *Ceroxylon parvifrons*, *Ceroxylon weberbaueri*, en peligro *Manicaria sacaccifera* Gaerth, vulnerables la *Mauritia carana* Wallace y otros géneros se encuentran amenazados. Además, esto promoverá la planificación de acciones destinadas a establecer zonas conservación de estas formaciones vegetales donde se evidencie su presencia.

Por otra parte, contribuir con lo solicitado por el Protocolo de Kioto el cual, ante el aumento de los GEI, estableció la necesidad de estimar la cantidad de carbono almacenado en los diferentes “sumideros de GEI” tales como las formaciones vegetales, considerando que estos sistemas tienen la capacidad de captar carbono atmosférico y convertirlo en moléculas orgánicas mediante la fotosíntesis.

Por estos y otros motivos se justifica la importancia de esta investigación en estimar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae del ecosistema aguajal, y por ende el pago por dicho servicio ambiental.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis General**

- ✓ El almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae es mayor que en árboles de la familia Bombacaceae.

### **1.6.2. Hipotesis Especificas**

- ✓ El carbono almacenado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae es  $\geq 424$  Mg/ha.
- ✓ El carbono fijado en la biomasa aérea de árboles de la familia Bombacaceae es mayor a 1.5 Mg/ha.
- ✓ El pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> es mayor en la familia Arecaceae que en Bombacaceae para una hectárea de aguajal semidenso.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. General**

Determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado en la biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en el distrito de Pósito-Rioja, San Martín- 2017.

### **1.7.2. Específicos**

- ✓ Determinar la cantidad de carbono acumulado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae con DAP  $\geq 7.5$  cm para una hectárea.
- ✓ Determinar la cantidad de carbono fijado en árboles de la familia Bombacaceae con DAP  $\geq 7.5$  cm para una hectárea.
- ✓ Determinar el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para las familias Arecaceae y Bombacaceae para una hectárea de aguajal semidenso.

## **II.METODO**

La presente investigación se realizó mediante el enfoque cuantitativo, ya que se registraron datos en campo (tanto de altura como el diámetro de cada árbol); estos fueron cuantificados para luego ser procesados estadísticamente y posterior a ello contrastar las hipótesis planteadas, y finalmente se obtuvieron las conclusiones de la investigación.

### **2.1. Diseño de Investigación**

El diseño de la presente investigación es no experimental lo cual no implicó manipular variables. La finalidad de dicho estudio es realizar un análisis del estado del objeto de estudio, donde se pretende determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> acumulado en la biomasa aérea de palmeras y árboles del ecosistema de aguajal, mediante la recolección y registro de datos en campo tal como se encontró; posteriormente se realizó el cálculo del CO<sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae para toda el área de estudio.

### **2.2. Tipo de estudio**

De acuerdo al fin que persigue aplicada con tipo estudio descriptivo, ya que se realizó la siguiente investigación en función a metodologías y conocimientos adquiridos de otras investigaciones relacionadas al tema. Así como también se utilizó las metodologías establecidas de RAINFOR (PHILIPS *et al.*, 2016), protocolos y guías propuestos por el MINAM (2009 y 2010).

El estudio es descriptivo debido a que es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un objeto sin intervenir sobre él de ninguna manera como lo menciona ABREU (2012) este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación, se utiliza para recoger, resumir, analizar los resultados de las observaciones y mediciones realizadas por el investigador. Posteriormente se elige el estadístico apropiado para el análisis de datos, esto se elegirá de acuerdo a la investigación. Mientras que la investigación explicativa va más allá de describir al objeto en estudio, sino conocer el porqué de la causa-efecto (CAZAU, 2006).

### 2.3. Variables y Definición Operacional

La matriz de operacionalización de variables se encuentra en la tabla N°3:

Tabla N°3: *Matriz de operacionalización de variables.*

| HIPOTESIS   | VARIABLE                    | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES  | INDICADORES   | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|-----------------------------|---|--|--|---|--------------------|
| El almacenamiento de CO <sub>2</sub> en biomasa aérea de la familia Arecaceae es mayor que en la familia Bombacaceae. | <b><u>INDEPENDIENTE</u></b> | La biomasa aérea viva vegetal es la que se encuentra sobre el ras del suelo. La biomasa está compuesta principalmente por tallos, hojas, ramas, flores, etc. No se incluyen la hojarasca y demás materia en descomposición (RUGNITZ, CHACÓN Y ROBERTO, 2009). | Primero se determinó las características de los individuos de las familias Arecaceae y Bombacaceae. Posteriormente se determinó los valores físicos de los individuos de cada familia y con ellos se realizó los cálculos respectivos para obtener la biomasa aérea de palmeras y árboles. | Características de los individuos (DAP≥7.5 cm) por familia.<br><br>Determinación de valores físicos de individuos por familia y obtención de la biomasa aérea. | Altura (m) y Diámetro(cm).<br>Área basal(m <sup>2</sup> ).<br>Volumen de la madera(m <sup>3</sup> ).<br>Densidad de la madera(Mg/m <sup>3</sup> ).<br>Factor de expansión y corrección. | Razón              |
|   | <b><u>DEPENDIENTE</u></b>   | El CO <sub>2</sub> almacenado en la biomasa de las  | Una vez obtenida biomasa aérea de las palmeras de la   |  | Biomasa(Mg/Ha).   |                    |

|  |                                     |   |   |  |   |       |
|--|-------------------------------------|---|---|--|---|-------|
|  | Almacenamiento de CO <sub>2</sub> . | 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 será la cantidad de carbono y CO <sub>2</sub> almacenado (CARVAJAL, s.d). | familia Arecaceae y los árboles de la familia Bombacaceae del ecosistema aguajal se determinó el carbono y el CO <sub>2</sub> almacenado por dichas plantas. Por último, se determinó el pago por Servicio ambiental. | Carbono capturado por individuos de ambas familias.  | Factor de conversión.   | Razón |
|  |                                     |   |   | Cantidad de CO <sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae.                    | Carbono(Mg/Ha).<br>Factor de conversión.                      |       |
|  |                                     |   |   | Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO <sub>2</sub> por familia y tipo de aguajal. | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) almacenado por familia de individuos. | Razón |
|  |                                     |   |   |  | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) almacenado por tipo de aguajal.       |       |
|  |                                     |   |   |  | Precio de mercado(Mg/Ha).                                     |       |

Fuente: Elaboración propia.

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

La población de estudio fue todas las palmeras(Arecaceae) y árboles (Bombacaceae) presentes en el área de estudio (7 hectáreas) del ecosistema aguajal ubicado en el distrito de Pósic, provincia de Rioja, departamento de San Martín.

### **2.3.2. Muestra**

De acuerdo a la bibliografía para bosques inundables la unidad de muestreo es de 0.50 a 0.80 hectáreas según la Guía de Evaluación de Flora Silvestre (MINAM, 2010).

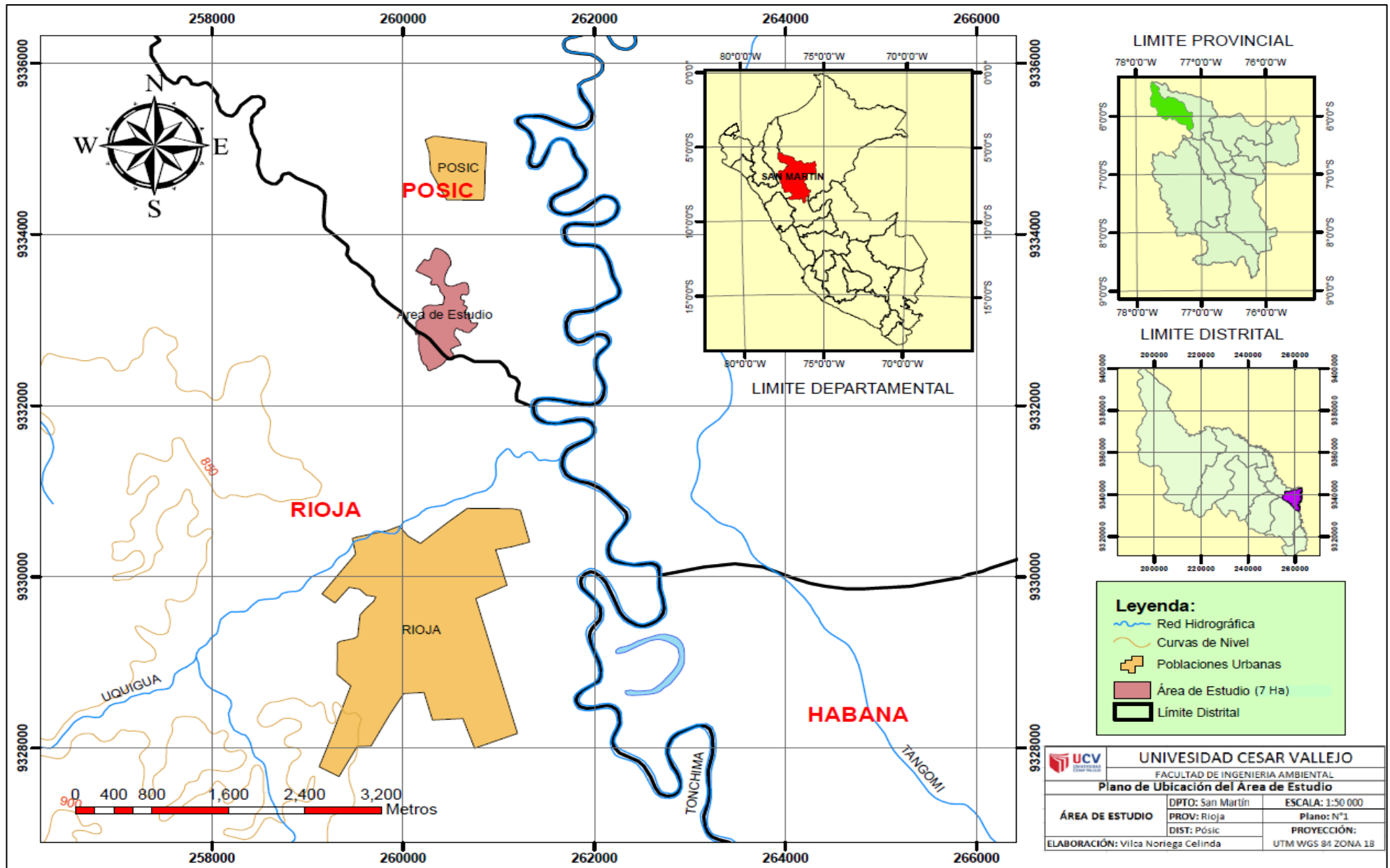
Para dicho estudio la muestra fue de dos hectáreas: una hectárea para aguajal semidenso y otra hectárea para aguajal mixto. El muestreo fue estratificado para la condición(tipo) del bosque y dirigido para el establecimiento de las parcelas.

### **2.3.3. Ubicación del área de estudio**

Según el Gobierno Regional de San Martín (GORESAM, 2014) menciona que el departamento de San Martín tiene una superficie de 51253Km<sup>2</sup>, la cual representa el 3,9 por ciento del total del país, y está situado en la parte septentrional-oriental del territorio peruano. Limita por el sur con el departamento de Huánuco, por el norte con el departamento de Amazonas, por el Este con Loreto y por el Oeste con la Libertad. Abarca importantes áreas de bosques, entre ellos los ecosistemas de aguajal, que en los últimos años se están viendo seriamente afectados debido a la deforestación.

El área de estudio se ubica en el distrito de Posic provincia Rioja departamento de San Martín las coordenadas es 260653 18 M y 49332904 UTM y la altura es de 834 msnm. A continuación, se presenta en la figura N°3 el mapa de ubicación del área de estudio:

Figura N°3: Mapa de ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

### **2.3.4. Caracterización del bosque**

La investigación fue desarrollada en un bosque húmedo tropical premontano (HOLDRIDGE, 1967) representado por dos tipos de bosques inundables uno Aguajal mixto y el otro aguajal semidenso, se caracterizan por ser bosques relictos (260653 18M y 9332904 UTM, 834 msnm) rodeados por sembríos de arroz; se ubican en el distrito de Posic provincia de Rioja, región de San Martín.

El área de estudio se ubica a cerca del río Tónchima que es la principal referencia hídrica de la zona. El clima es tropical húmedo (Holdridge, 1967) con una temporada bien definida de lluvias (Diciembre – Marzo), siendo que entre Febrero y Marzo alcanza su mayor índice. La precipitación anual y temperatura son 1265 mm y 22.8o C respectivamente (GORESAM, 2014 y SENAMHI, 2016). El área de Posic es considerada impactada por actividades humanas.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **▪ Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En la presente investigación se utilizó la técnica de observación, debido a que se recogió los datos de diámetro y altura de las plantas *Arecaceae* y *Bombacaceae* del ecosistema de aguajal; esta información se registró en las fichas de observación. Además, se utilizó los protocolos de RAINFOR (PHILIPS *et al.*, 2016) y HONORIO y BEKER (2010) y demás protocolos que describen las metodologías para determinar la biomasa y el almacenamiento de carbono en árboles.

Los instrumentos que se utilizaron fueron los siguientes:

Ficha de inventario (Ver anexo 1).

Ficha de medición de la biomasa área, carbono, CO<sub>2</sub> y el pago por servicio ambiental (Ver anexo 2).

El procedimiento que se utilizó en la presente investigación para la obtención de los resultados es el que se muestra en la figura N°4:



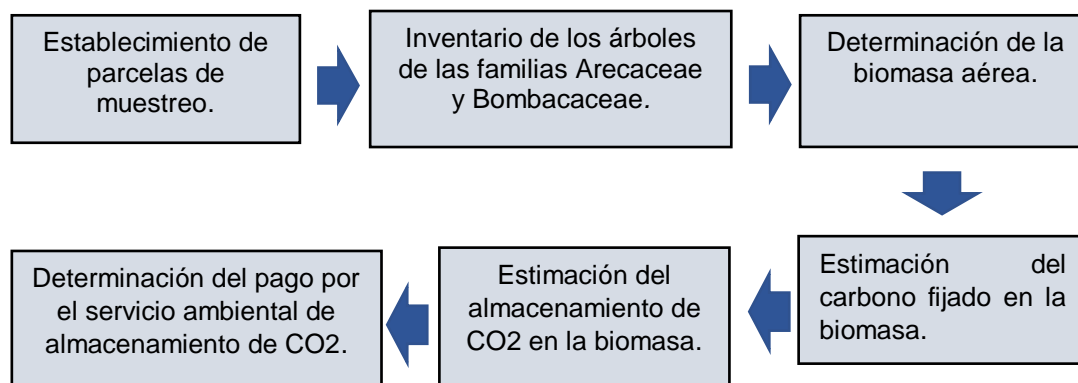


Figura N°4: Procedimiento de recolección de datos.

Fuente: Elaboración propia.

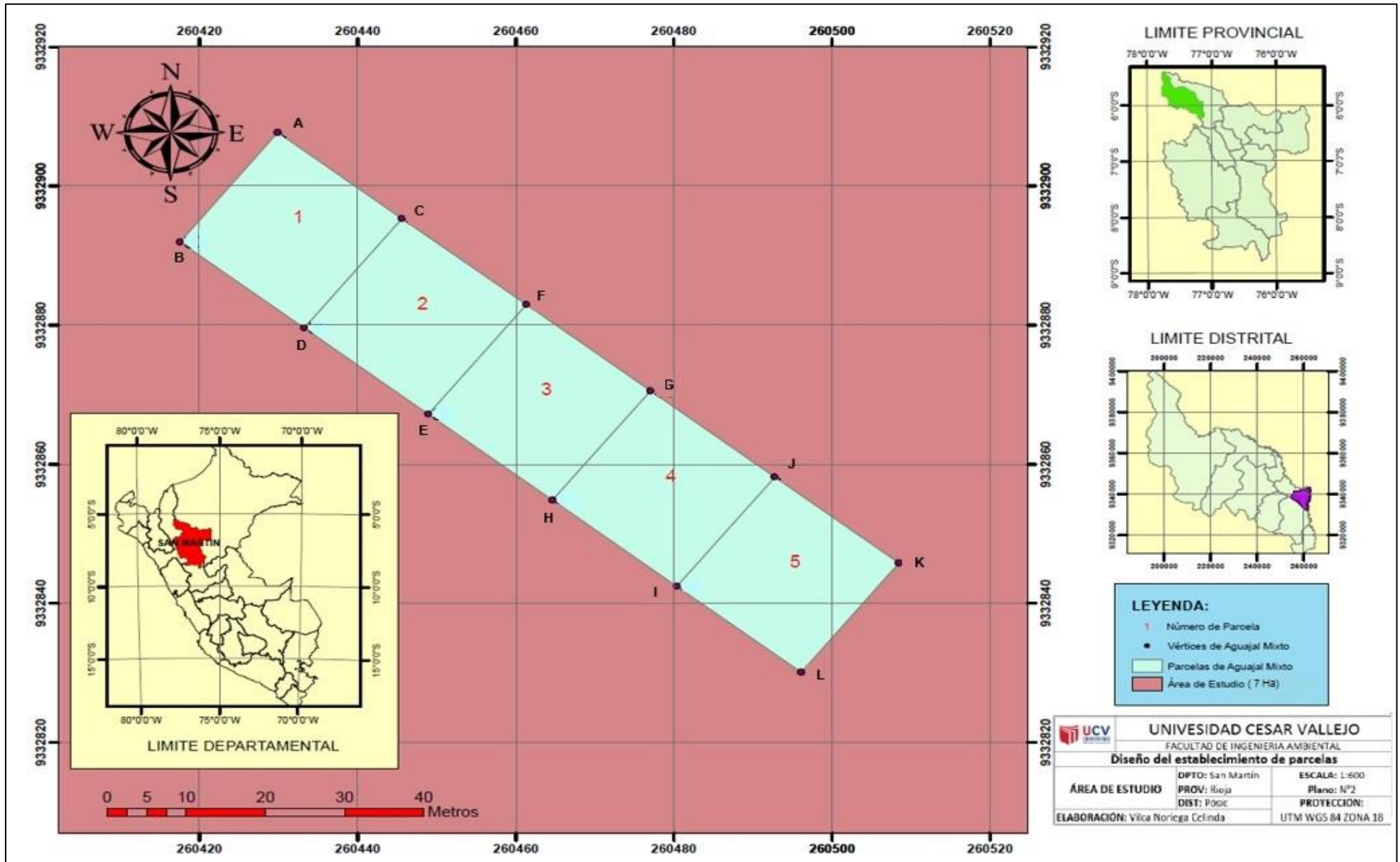
Para el presente estudio se utilizó las siguientes metodologías, la cual consiste en 5 etapas y se mencionan a continuación:

#### **-Etapa 1: Establecimiento de las parcelas de muestreo**

Durante el mes de diciembre del 2016 se establecieron 10 parcelas rectangulares de 20 x 100m haciendo un total de dos hectáreas ( 1 Ha para aguajal semidenso y 1 Ha para aguajal mixto) (HOLM *et al.*, 2008). Cada parcela se subdividió en cuadrantes de 20x20 m para facilitar el trabajo, estos cuadrantes se acomodaron de acuerdo a las condiciones del terreno. Las parcelas se establecieron de manera dirigida siguiendo la metodología propuesta de RAINFOR (PHILIPS *et al.*, 2016). Los vértices de cada parcela se establecieron usando el GPS y fueron delimitados con estacas de madera para facilitar la visualización de las esquinas (TORRES *et al.*, 2012).

En la figura N°4 se muestra el diseño de las parcelas que se utilizó en el estudio:

Figura N° 4: Diseño del establecimiento de parcelas.



Fuente: Elaboración propia.

## **-Etapa 2: Inventario de los individuos de la familia Arecaceae y Bombacaceae**

Después de haber establecido las parcelas se realizó el inventario de todas las palmeras de la familia Arecaceae y árboles de la familia Bombacaceae. El inventario consistió en tomar los datos de la altura, y el diámetro de cada individuo con DAP  $\geq 7.5$  cm; el diámetro se midió a la altura del pecho a 1.3 m sobre el suelo (MINAM, 2010; HONORIO Y BAKER, 2010).

Con respecto a la estimación de la altura se utilizó el clinómetro según el protocolo estándar de RAINFOR (PHILLIPS *et al.*, 2016). Para medir el diámetro de cada árbol se utilizó una cinta métrica y se midió la circunferencia del árbol y a través de la siguiente fórmula se convirtió la circunferencia en diámetro (AREVALO, 2015).

La conversión se realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{DAP} = \text{CAP} / \pi$$

DAP: Diámetro a la altura del pecho

CAP: Circunferencia a la altura del pecho.

$$\pi(Pi) = 3.1416$$

Posteriormente se tomó muestras de las hojas de los árboles y palmeras, para ello se usó la tijera telescópica. Estas muestras se colectaron en una bolsa de periódico para luego mandarle a identificar las especies que corresponde a cada familia.

Una vez obtenido los datos en campo se procedió a calcular la biomasa de cada familia de palmeras y árboles del ecosistema aguajal.

## **-Etapa 3: Determinación de biomasa aérea**

Para la determinación de la biomasa aérea se utilizó el método indirecto, el cual consiste en usar fórmulas alométricas para estimar la biomasa de las familias Arecaceae y Bombacaceae del ecosistema aguajal.

Las fórmulas que se utilizó son las propuestas por RUSSO (2009) *citado por* AREVALO (2015).

**a) Determinación del área basal**

Primeramente, se determinó el área basal, para ello se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Area Basal}(AB) = \frac{\pi}{4} * DAP^2$$

Donde:

- AB: área basal m
- $\frac{\pi}{4}$ : Constante  $\pi = \frac{3.1416}{4} = 0.7854$
- DAP<sup>2</sup>= Diámetro a la altura el pecho(m)

**b) Determinación del volumen de la madera**

Con la siguiente formula se determinó el volumen de la madera:

$$\text{Volumen de la madera}(m^3) = AB * H * ff$$

Donde:

- AB: área basal (m<sup>2</sup>)
- H: altura total del árbol (m)
- *ff*: Factor de forma (0.5)

**c) Determinación de la biomasa aérea**

Para la determinación de la biomasa aérea se utilizó el área basal, el volumen de la madera y las densidades correspondiente a cada especie, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$BA = \text{Volumen de la madera} * DM * FC$$

Donde:

- BA: Biomasa Aérea (Mg/Ha)
- DM: Densidad de la Madera (Mg/m<sup>3</sup>)
- FC: Factor de Corrección (1.18)

Las densidades para el presente estudio son las propuestas por IPPC (2006), WORDL WOODS (s.d) y CUBAS (2016).

Tabla N° 4: *Densidades de las especies de la familia Arecaceae y Bombacaceae.*

| Familia     | Especies                                    | Densidades | Autores                     |
|-------------|---|------------|-----------------------------|
| Arecaceae   | <i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.           | 0.71       | AALDE <i>et al.</i> (2006). |
|             | <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 0.23       |                             |
|             | <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 0.71       | CUBAS ANGULO, E. (2016).    |
|             | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 0.46       | Wordl Woods (sin fecha).    |
|             | <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 0.46       |                             |
| Bombacaceae | <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum.      | 0.57       | AALDE <i>et al.</i> (2006). |
|             | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 0.42       |                             |

Fuente: AALDE *et al.* 2006; CUBAS, 2017 y WOORDL EOODS, s.d.

#### **-Determinación del carbono fijado**

Para realizar la conversión de biomasa a carbono se multiplico la biomasa total en toneladas/hectárea por el factor de conversión que es de 0.5(IPCC, 2002).

**Carbono(Mg/ha) = BTx FC**

Donde:

- BT: Biomasa total en Mg/ha
- FC: Factor de conversión 0.5(IPCC, 2002).

#### **-Etapa 4: Estimación del CO<sub>2</sub> de las familias Arecaceae y Bombacaceae**

Según FOREST TRENDS (2010), el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> se estima tomando como base los pesos moleculares (44/12), una tonelada de carbono equivale a 3.67 toneladas de CO<sub>2e</sub>. De esta manera para poder saber la cantidad de CO<sub>2e</sub> capturado (servicio ambiental), se multiplicó las toneladas de carbono almacenado por el valor de 3.67.

A continuación, se presenta la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_2\text{e} = \Delta\text{C total (MgC/ha)} \times 3.67$$

Dónde:

CO<sub>2</sub>e: Dióxido de carbono equivalente.

ΔC: Cantidad de carbono total en la biomasa.

3.67: Factor de conversión.

#### **-Etapa 5: Determinación del pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub>**

Para esta última etapa se valoró económicamente el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> del ecosistema aguajal semidenso y mixto. Para ello se multiplicó las toneladas de CO<sub>2</sub> encontradas por 5.9 dólares americanos (FOREST TREND, 2016). Se utilizará la fórmula propuesta por López (2015).

La fórmula a utilizar se muestra a continuación:

$$\text{VE} = \text{MgCO}_2 \times \text{PM}$$

Dónde:

- tCO<sub>2</sub>e= Toneladas fijadas por hectárea.
- PM: Precio utilizado para cada tonelada de CO<sub>2</sub>; para este caso se utilizó el valor de US\$5.9 (FOREST TREND, 2016).

#### **2.4.1 Validez y confiabilidad**

Para la validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección y procesamiento de datos se realizó con la colaboración de expertos en el tema, los cuales evaluaron los indicadores a considerar en la presente investigación y finalmente lo aprobaron basados en su experiencia.

## 2.5. Métodos de análisis de datos

### 2.5.1. Análisis de datos

Para la presente investigación el análisis estadístico se realizó con el Programa Excel el cual permite ordenar la información para poder procesarlo y determinar la biomasa, Carbono, CO<sub>2</sub> y el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en las familias de Arecaceae y Bombacaceae (se usó las fórmulas que se muestran en el anexo N°2), también se usó el SPSS para realizar la prueba de hipótesis y se poder obtener las conclusiones.

### 2.4.2. Análisis descriptivo

Tabla N°5: *Media, Desviación estándar y coeficiente de variación del CO2 almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae.*

| ECOSISTEMA                           |                   |             |               |             |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|---------------|-------------|
|                                      | Aguajal semidenso |             | Aguajal mixto |             |
|                                      | Arecaceae         | Bombacaceae | Arecaceae     | Bombacaceae |
| Media                                | 0.13              | 0.61        | 0.62          | 0.28        |
| Desviación estándar                  | 0.26              | 0.57        | 0.62          | 0.76        |
| Coeficiente de variación(proporción) | 2                 | 0.900       | 1             | 2.7         |

*Fuente:* Elaboración propia.

Nota: De la tabla N°5 se observa que para el ecosistema aguajal las familias Arecaceae y Bombacaceae el coeficiente de variación proporcional es 2 y 0.9 respectivamente. Mientras que para el ecosistema aguajal mixto las familias Arecaceae y Bombacaceae tienen un coeficiente de variación proporcional es de 1 y 2.7; lo que indica que la distribución de los datos es heterogénea, esto se explica con los diferentes diámetros y alturas de cada familia, por ende, el CO<sub>2</sub> almacenado en cada familia es diferente, por ello los resultados encontrados en la presente investigación.

## 2.6. Aspectos éticos

Para realizar la siguiente investigación es mediante consentimiento informado, terminada la investigación se entregó al propietario de los terrenos un informe con los resultados obtenidos (ver anexo N°8).

El investigador se compromete a respetar la veracidad de los resultados, y la propiedad intelectual, así mismo muestra su compromiso por el cuidado ambiental y la biodiversidad.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Características de la zona de estudio

El estudio se desarrolló en dos ecosistemas de aguajal:

- 1- Aguajal Semidenso
- 2- Aguajal mixto

Tabla N°6: Resultados del inventario en la zona de estudio.

| TIPO DE ECOSISTEMA |   |                   |               |
|--------------------|---|-------------------|---------------|
|                    |   | Aguajal semidenso | Aguajal mixto |
| Familia            | Especies                                    | Abundancia        | Abundancia    |
| Arecaceae          | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 156               | 123           |
|                    | <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 92                | 83            |
|                    | <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 5                 | 6             |
|                    | <i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.           | 1                 | 11            |
|                    | <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 1                 | 14            |
| Bombacaceae        | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 301               | 116           |
|                    | <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum.      | 0                 | 2             |
| <b>Total</b>       |   | <b>556</b>        | <b>355</b>    |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°6 se muestra el que en el aguajal semidenso la familia Arecaceae tiene 255 individuos, siendo este valor mayor a 301 individuos que corresponde a la familia Bombacaceae, por lo tanto, el total de individuos para el aguajal semidenso es de 556 individuos. Por otro lado, el total de individuos para el aguajal mixto es de 355, siendo la familia Arecaceae la que tiene mayor cantidad de individuos con 237 y la familia Bombacaceae tiene 118 individuos por hectárea.

Sin embargo, se observa que *Mauritia flexuosa* y *Matisia bracteolosa* Ducke son las especies más representativas del aguajal mixto con 123 y 116 individuos; mientras que en el ecosistema aguajal semidenso la especie más representativa es *Matisia bracteolosa* con 301 individuos, seguido de la *Mauritia flexuosa* con 156 individuos.



### 3.2. Familia Arecaceae

#### 3.2.1. Biomasa aérea en especies de la familia Arecaceae

Tabla N°7: Biomasa aérea de las especies de la familia Arecaceae para los dos tipos de aguajal.

| Especies                                    | TIPO DE ECOSISTEMA |                       |               |                      |
|---|--------------------|-----------------------|---------------|----------------------|
|   | Aguajal semidenso  |                       | Aguajal mixto |                      |
|   | Volume n (m3)      | Biomasa aérea (Mg/Ha) | Volume n (m3) | Biomasa aérea(Mg/Ha) |
| <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 5.9                | 3.2                   | 6.35          | 3.45                 |
| <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 0.02               | 0.01                  | 1.97          | 0.53                 |
| <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 0.4                | 0.3                   | 0.16          | 0.14                 |
| <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 149.7              | 81.3                  | 138.73        | 75.30                |
| <i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.           | 0.2                | 0.2                   | 1.50          | 1.26                 |
| <b>Total</b>                                | <b>156.3</b>       | <b>85.0</b>           | <b>148.7</b>  | <b>80.7</b>          |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°7 se muestra la cantidad de biomasa para las especies de la familia Aracaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

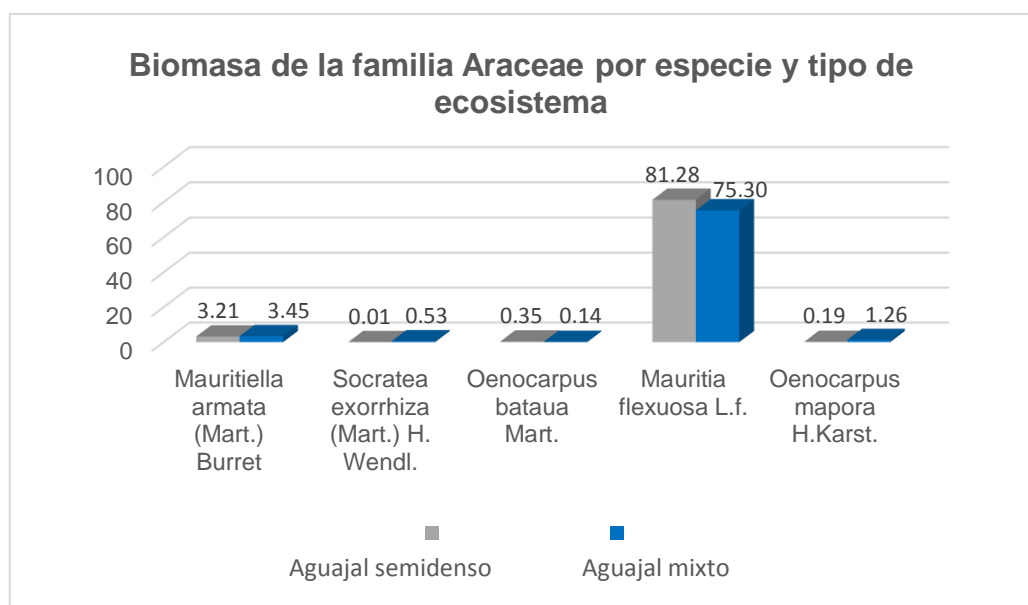


Figura N°5: Biomasa de la familia Arecaceae en aguajal semidenso y mixto.

De la figura N°5 se muestra biomasa familia Arecaceae, siendo la especie *Mauxitia flexuosa* la que tiene mayor cantidad de Biomasa en ambos ecosistemas con 81.28 Mg/Ha para aguajal semidenso y 75.30 Mg/Ha para aguajal mixto. Mientras que la biomasa total de la familia Arecaceae es de 85 y

80.7 Mg/Ha para aguajal semidenso y mixto respectivamente. Por otro lado, las demás especies tienen poca biomasa, siendo menor a 4 Mg/Ha.

### 3.2.2. Carbono capturado por la familia Aracaceae y por tipo de aguajal

Tabla N°8: Carbono capturado en aguajal semidenso y mixto.

| Especies                                    | TIPO DE ECOSISTEMA |                |
|---|--------------------|----------------|
|   | Aguajal semidenso  | Aguajal mixto  |
|   | Carbono(Mg/Ha)     | Carbono(Mg/Ha) |
| <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 1.61               | 1.72           |
| <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 0.00               | 0.27           |
| <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 0.17               | 0.07           |
| <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 40.64              | 37.65          |
| <i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.           | 0.10               | 0.63           |
| <b>Total</b>                                | <b>42.52</b>       | <b>40.34</b>   |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°8 se muestra la cantidad de carbono capturado por las especies de la familia Aracaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

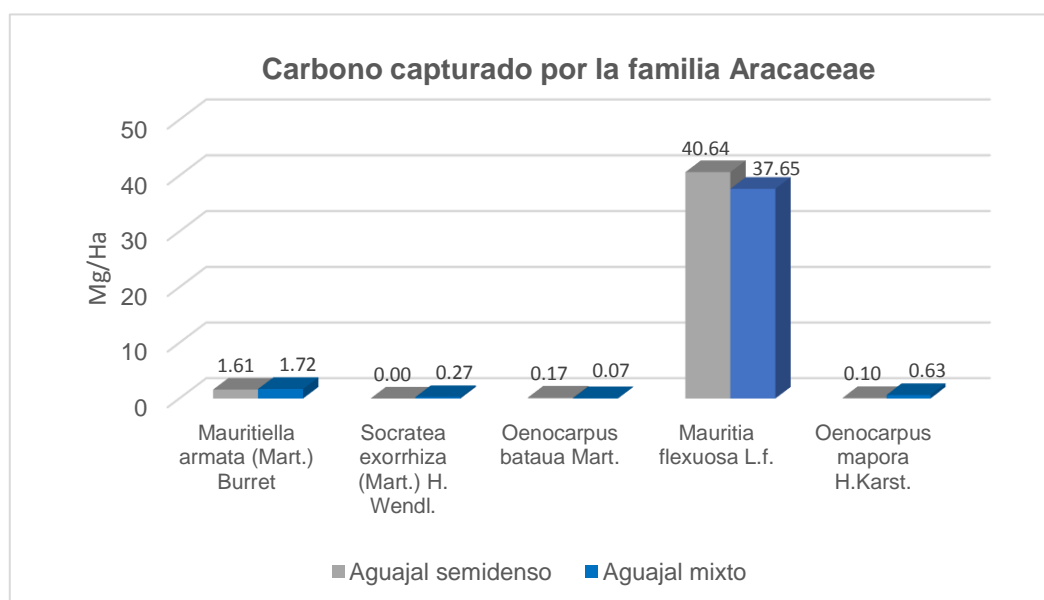


Figura N°6: Carbono captura por las especies de la familia Aracaceae y tipo de ecosistema.

De la figura N°6 se observa que el carbono capturado por la familia Aracaceae almacena es de 42.52 Mg/Ha para el aguajal semidenso y 40.34 Mg/Ha para el aguajal mixto. En ambos tipos de aguajal la especie *Mauritia flexuosa* captura

mayor cantidad de carbono, siendo 40.64 Mg/Ha para aguajal semidenso y 37.65 Mg/Ha para el aguajal mixto. Además, se observa que el carbono que capturan las demás especies es menor a 2 Mg/Ha.

### Contrastación de hipótesis

Hi: El carbono almacenado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae es  $< 424$  Mg/Ha.

H<sub>0</sub>: El carbono almacenado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae es  $\geq 424$  Mg/Ha.

De los resultados obtenidos se establece que el carbono almacenado en la biomasa aérea de la familia Arecaceae es de 41 Mg/Ha siendo menor a 424 Mg/Ha. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa planteada por el investigador y se rechaza la hipótesis nula.

### 3.2.3. CO<sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae para aguajal mixto y semidenso

Tabla N°9: CO<sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae para los dos tipos de aguajal.

| Especies                                    | ECOSISTEMA              |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|
|   | Aguajal semidenso       | Aguajal mixto           |
|   | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) |
| <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 5.89                    | 6.33                    |
| <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 0.01                    | 0.98                    |
| <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 0.64                    | 0.25                    |
| <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 149.14                  | 138.18                  |
| <i>Oenocarpus mapora</i> H.Karst.           | 0.35                    | 2.31                    |
| <b>Total</b>                                | <b>156.04</b>           | <b>148.04</b>           |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°9 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado en las especies de la familia Aracaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

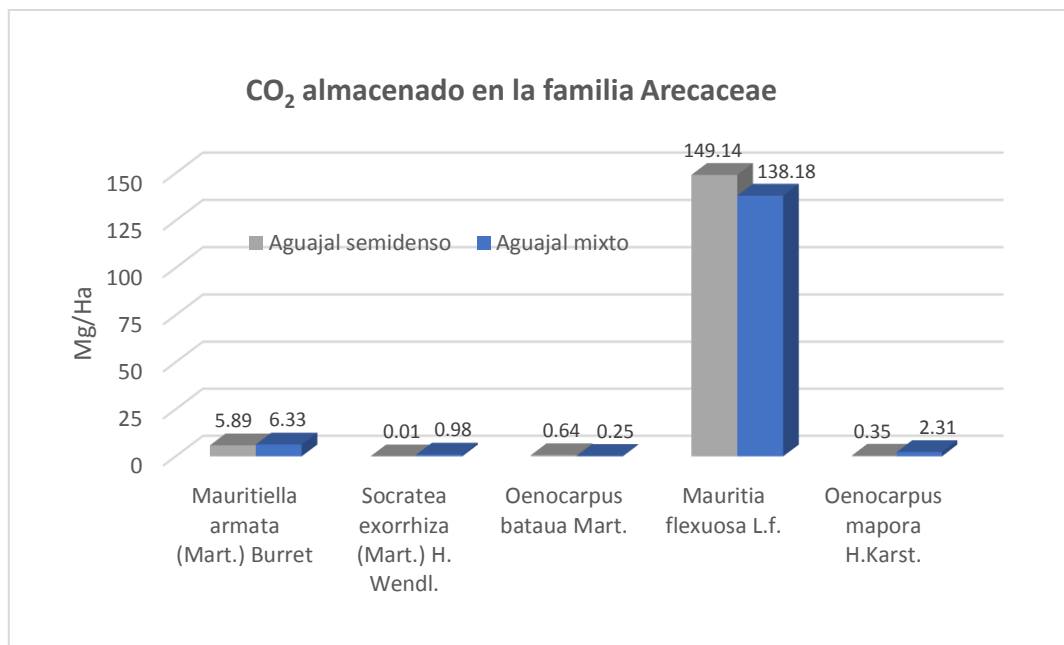


Figura N°7: CO<sub>2</sub> almacenado por la familia Arecaceae y tipo de ecosistema.

De la figura N°7 se observa que la familia Arecaceae almacena 156 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> para el aguajal semidenso y 148 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> para el ecosistema de aguajal mixto. En ambos tipos de aguajal la especie *Mauritia flexuosa* almacena la mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, a diferencia de las demás especies que almacenan mínimas cantidades de CO<sub>2</sub>.

### 3.3. Familia Bombacaceae

#### 3.3.1. Biomasa en la familia Bombacaceae para aguajal semidenso y mixto.

Tabla N°10: Biomasa aérea en especies de la familia Bombacaceae.

| Especies                               | TIPO DE ECOSISTEMA |                       |               |                      |
|--|--------------------|-----------------------|---------------|----------------------|
|  | Aguajal semidenso  |                       | Aguajal mixto |                      |
|  | Volume n (m3)      | Biomasa aérea (Tn/Ha) | Volume n (m3) | Biomasa aérea(Tn/Ha) |
| <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke       | 44.9               | 21.7                  | 31.89         | 15.43                |
| <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum. |                    | 0                     | 0.07          | 0.05                 |
| <b>Total</b>                           | <b>44.9</b>        | <b>21.7</b>           | <b>32.0</b>   | <b>15.5</b>          |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°10 se muestra la cantidad de biomasa de las especies de la familia Bombacaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

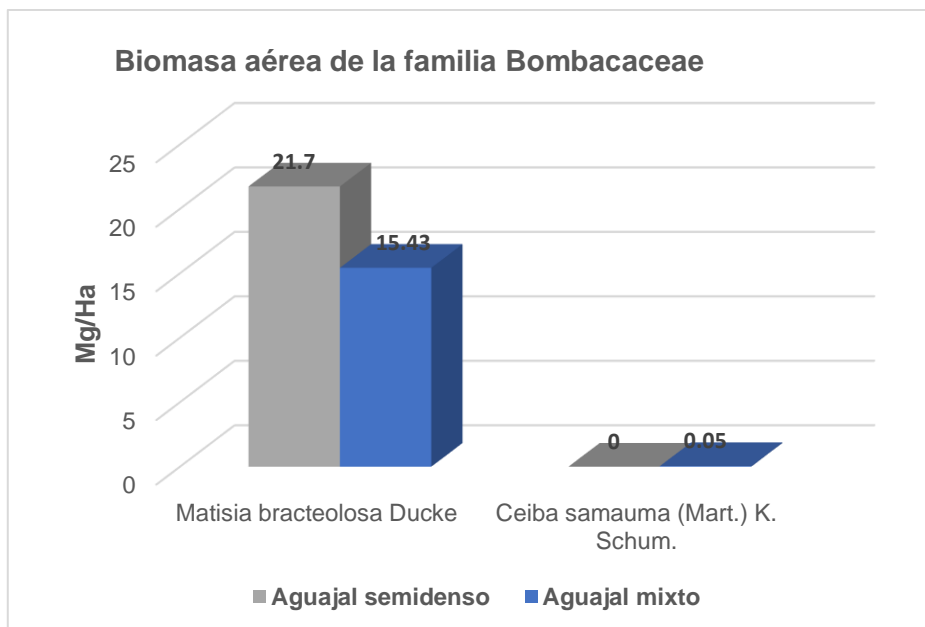


Figura N°8: Biomasa de la familia Bombacaceae y tipo de aguajal.

De la figura N°8 se observa que la familia Bombacaceae tiene 21.7 Mg/Ha de biomasa para el aguajal semidenso y 15.5 Mg/Ha para aguajal mixto, siendo la biomasa mayor en aguajal semidenso que en mixto. Por otro lado, la especie *ceiba samauma* solo se encuentra presente en el aguajal mixto con una cantidad de 0.05Mg/Ha de biomasa.

### 3.3.2. Carbono capturado en especies de la familia Bombacaceae

Tabla N°11: Carbono capturado por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal.

| Especies                               | TIPO DE ECOSISTEMA |                |
|--|--------------------|----------------|
|  | Aguajal semidenso  | Aguajal mixto  |
|  | Carbono(Mg/Ha)     | Carbono(Mg/Ha) |
| <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke       | 10.9               | 7.71           |
| <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum. | 0                  | 0.02           |
| Total                                  | <b>10.9</b>        | <b>7.74</b>    |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°11 se muestra la cantidad de carbono capturado por las especies de la familia Bombacaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

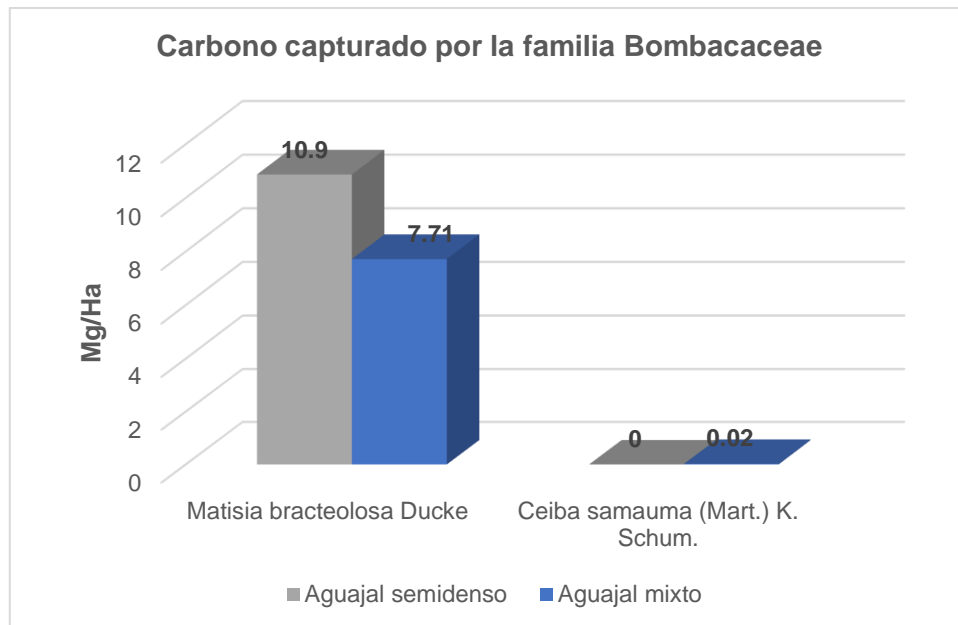


Figura N°9: Carbono captura por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal.

De la figura N°9 se observa que la familia Bombacaceae tiene 10.9 Mg/Ha de carbono para el aguajal semidenso mientras que en el aguajal mixto es de 7.71 Mg/Ha, siendo el carbono mayor en aguajal semidenso que en mixto. Por otro lado, la especie *Matisia bracteolosa* es la que captura más carbono en ambos tipos de aguajal, mientras que la especie *ceiba samauma* solo se encuentra presente en el aguajal mixto con una cantidad de 0.05Mg/Ha de biomasa.

### Contrastación de hipótesis

$H_i$ : El carbono fijado en la biomasa aérea de árboles de la familia Bombacaceae es mayor a 1.5 Tn/ha.

$H_0$ : El carbono fijado en la biomasa aérea de árboles de la familia Bombacaceae es menor a 1.5 Tn/ha.

De los resultados obtenidos se establece que el carbono fijado en la biomasa aérea de la familia Arecaceae es de 41 Mg/Ha siendo mayor a 1.5Mg/Ha. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa planteada por el investigador y se rechaza la hipótesis nula.

### 3.3.3. CO<sub>2</sub> almacenado en la familia Bombacaceae

Tabla N°12: CO<sub>2</sub> almacenado en especies de la familia Bombacaceae.

| Especies                               | TIPO DE ECOSISTEMA      |                         |
|--|-------------------------|-------------------------|
|  | Aguajal semidenso       | Aguajal mixto           |
|  | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) | CO <sub>2</sub> (Mg/Ha) |
| <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke       | 39.9                    | 28.31                   |
| <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum. | 0                       | 0.08                    |
| <b>Total</b>                           | <b>39.89</b>            | <b>28.39</b>            |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°12 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado en las especies de la familia Bombacaceae para el ecosistema aguajal semidenso y mixto.

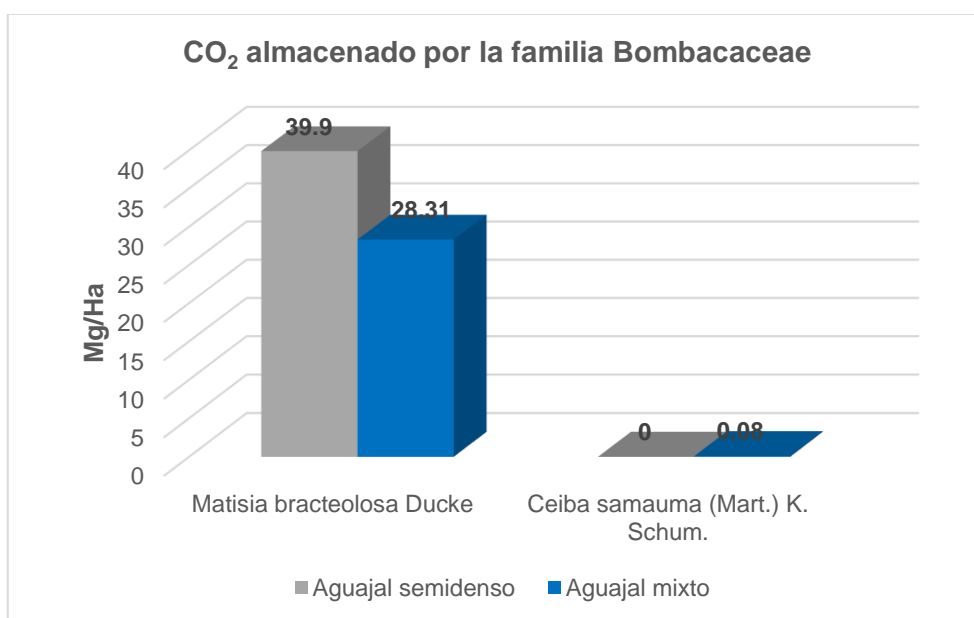


Figura N°10: CO<sub>2</sub> almacenado por la familia Bombacaceae y tipo de aguajal.

De la figura N°10 se muestra que la familia Bombacaceae almacena 39.39 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> para el aguajal semidenso y 28.31 Mg/Ha para el aguajal mixto, siendo la especie *Masitia bracteolosa* la más representativa de ambos tipos de aguajal.

### 3.3.4. CO<sub>2</sub> promedio almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae para el ecosistema aguajal.

CO<sub>2</sub> promedio almacenado en ambas familias del ecosistema aguajal.

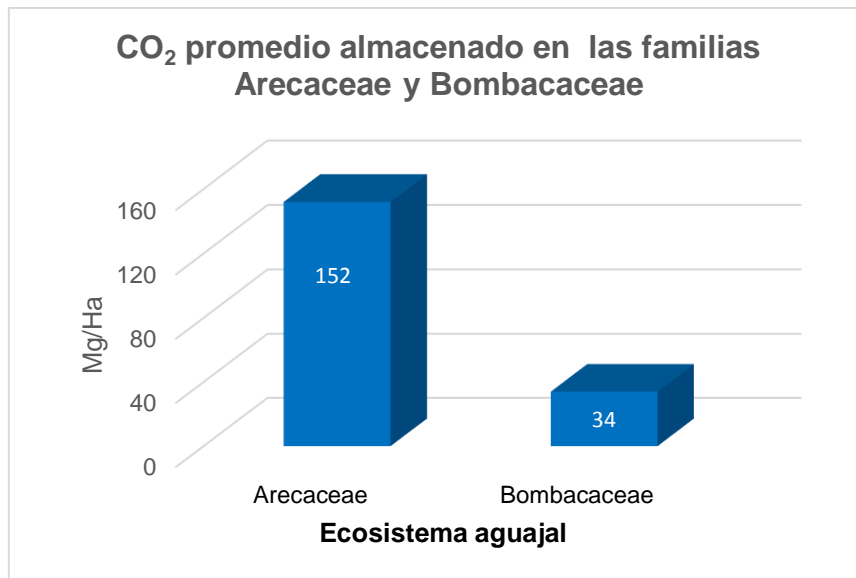


Figura N°11: CO<sub>2</sub> almacenado en las familias Arecaceae y Bombacaceae.

De la figura N°11 se observa que el CO<sub>2</sub> promedio almacenado en la familia Arecaceae es de 152 Mg/Ha, mientras que para la familia Bombacaceae es de 34 Mg/Ha para el ecosistema aguajal.

### Resultados estadísticos (Prueba U de Mann-Whitney)

-CO<sub>2</sub> promedio almacenado en la familia Arecaceae y Bombacaceae para el ecosistema aguajal.

#### Resumen de prueba de hipótesis

|   | Hipótesis nula   | Prueba  | Sig. | Decisión                    |
|---|--|---|------|-----------------------------|
| 1 | La distribución de CO <sub>2</sub> es la misma entre las categorías de Familia . | Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

$$H_0: Me(AreCO_2) \leq Me(BombCO_2)$$

$$H_1: Me(AreCO_2) > Me(BombCO_2)$$

Conclusión: considerando un nivel de confianza del 95%; la hipótesis nula es rechazada con p-valor (0.00) < 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. Por lo tanto, el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la familia Arecaceae es mayor que en la familia Bombacaceae. También se observa que los resultados del



almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la familia Arecaceae es de 152 Mg/ha, siendo mayor al resultado encontrado en la familia Bombacaceae que es de 34.14 Mg/ha.

### 3.5. Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub>

#### 3.5.1. Pago por el servicio ambiental para la familia Arecaceae y Bombacaceae

Tabla N°13: Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> por familia y tipo de aguajal.

| PAGO POR EL SERVICIO AMBIENTAL |                                |                            |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Familia                        | Tipo de ecosistema             |                            |
|                                | Aguajal semidenso (Dólares/Ha) | Aguajal mixto (Dólares/Ha) |
| <b>Arecaceae</b>               | 920.6                          | 873.5                      |
| <b>Bombacaceae</b>             | 235.3                          | 167.5                      |
| <b>Total</b>                   | <b>1155.9</b>                  | <b>1041.0</b>              |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la tabla N°13 se observa el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para las familias Arecaceae y Bombacaceae para ambos tipos de aguajal.

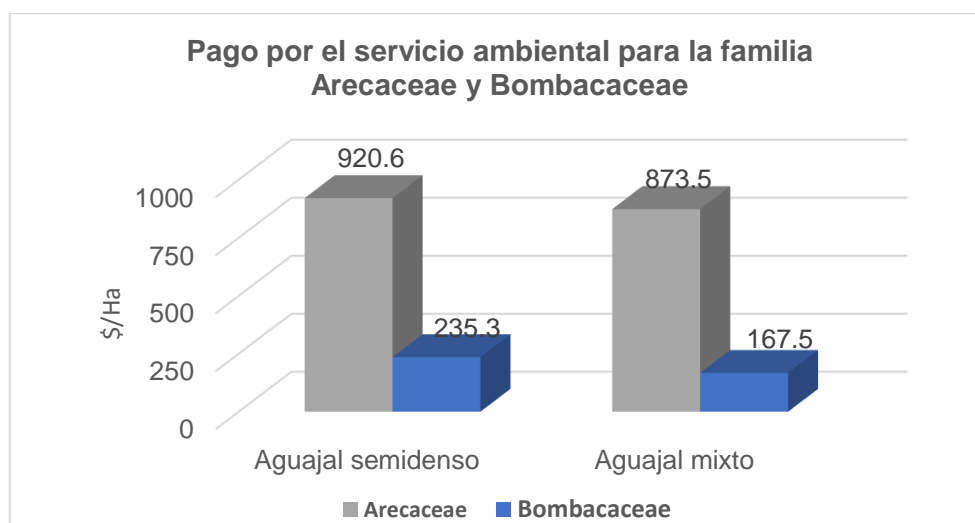


Figura N°12: Pago por el servicio ambiental por familia y tipo de ecosistema.

De la figura N°12 se observa que el pago por el servicio ambiental para la familia Arecaceae es de 920.6 dólares/Ha para el aguajal semidenso, siendo mayor que en el aguajal mixto que es de 873.5 dólares/Ha. Por otro lado, el pago para la

familia Bombacaceae es de 235.3 dólares/Ha para el aguajal semidenso y para el aguajal mixto es de 167.5 dólares /Ha. El mayor pago es para la familia Arecaceae en ambos tipos de aguajal.

### Resultados estadísticos (Prueba de Mann-Whitney)

-Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para la familia Arecaceae y Bombacaceae del aguajal semidenso.

|   | Hipótesis nula   | Prueba  | Sig. | Decisión                    |
|---|--|---|------|-----------------------------|
| 1 | La distribución de PSA es la misma entre las categorías de Familia . | Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes | ,000 | Rechazar la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

$$H_0: Me(ArePSA) \leq Me(BombPSA)$$

$$H_1: Me(ArePSA) > Me(BombPSA)$$

Conclusión: considerando un nivel de confianza del 95%; la hipótesis nula es rechazada con p-valor (0.00)<0.05, por lo que se acepta la hipótesis alternativa planteada por el investigador. Por lo tanto, el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la familia Arecaceae es mayor que en la familia Bombacaceae para el aguajal semidenso. También se observa en los resultados, el pago para la familia Arecaceae es de 897 Dólares/Ha, siendo mayor que el resultado de la familia Bombacaceae que es de 201Dólares/Ha para el aguajal semidenso.

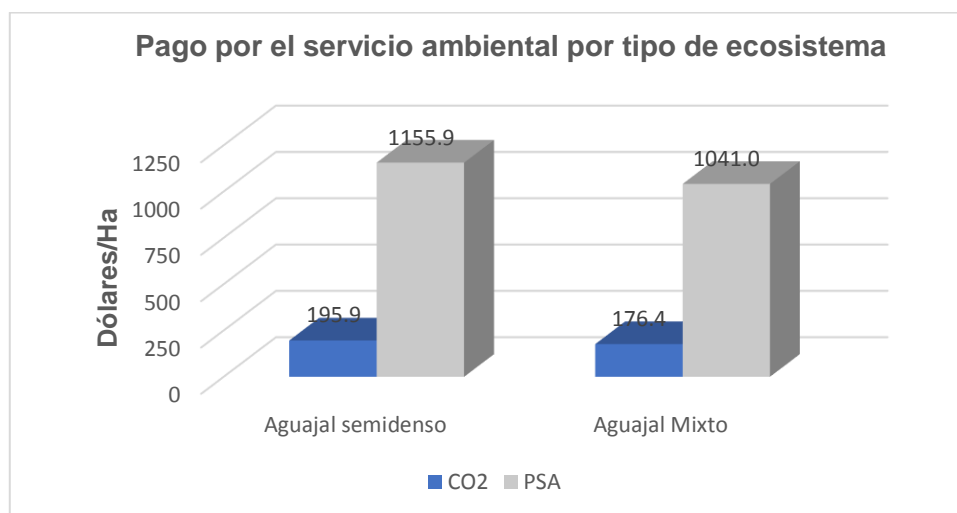
### 3.5.2. Pago por el servicio ambiental por tipo de aguajal

Tabla N°14: Pago por el servicio ambiental para el aguajal semidenso y mixto.

| PAGO POR EL SERVICIO AMBIENTAL |                                   |                               |        |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------|
|                                | Aguajal semidenso<br>(Dólares/Ha) | Aguajal Mixto<br>(Dólares/Ha) | Total  |
| CO2                            | 195.9                             | 176.4                         | 372.4  |
| PSA                            | 1155.9                            | 1041.0                        | 2196.9 |

Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* De la tabla N°14 se muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado en ambos tipos de aguajal y el respectivo pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.



*Figura N°13:* Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

De la figura N°12 se observa que el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para el aguajal semidenso es de 1155.9 dólares/Ha y el pago para el aguajal mixto es de 1041 dólares/Ha.

### 3.5.3. Pago por el servicio ambiental para toda el área de estudio

Tabla N°15: CO<sub>2</sub> y pago por el servicio ambiental para toda el área de estudio.

| Descriptivos                     |           | Datos promedios | Total, área de estudio(7Ha) |
|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------------------------|
| CO <sub>2</sub><br>(Mg/Hectárea) | Arecaceae | 152.1           | 1302                        |
|                                  | Bombacace | 34.1            |                             |
| PSA (dólares/Hectárea)           |           | 1097            | 7679                        |

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* De la tabla N°15 se observa que el total de CO<sub>2</sub> para el área de estudio es de 1117.2 Mg/Ha y el pago por dicho almacenamiento de CO<sub>2</sub> en promedio para ambas familias (Arecaceae y Bombacaceae) es de 7679 dólares por hectárea.

## **IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. Caracterización del área de estudio**

La caracterización del área de estudio se encontró 255 individuos de la familia Arecaceae y 301 individuos de la familia Bombacaceae, haciendo un total de 556 individuos para el ecosistema aguajal semidenso. Asimismo, la cantidad de individuos presentes en el aguajal mixto es de 118 para la familia Arecaceae y 237 para la familia Bombacaceae haciendo un total 355 individuos. Los resultados encontrados en esta investigación son menores a los reporta FREITAS *et al.* (2006) quienes encontraron 432 individuos en el ecosistema de aguajal denso y 380 individuos para el aguajal mixto la variación de la cantidad de individuos es debe a la cantidad de especies encontradas en el área de estudio.

### **4.2. Carbono y CO<sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae**

En la presente investigación se encontró que la familia Arecaceae almacena 41 Mg C/Ha valores superiores a los que reporta CAÑARI y PANDURO (2014) que es de 22.30 MgC/ha, la diferencia se debe a la metodología empleada, densidad de cada especie, diámetros y alturas de los individuos, así como la cantidad de individuos encontrados en el área de estudio.

El almacenamiento de Carbono en biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae es de 41 Mg/Ha, este resultado es mayor al que indica ESPINOZA *et al.*, (2014) que es de 37.44 MgC/Ha. Mientras que GUZMAN (2004) *citado por* RAINFOREST ALLIANCE (2015) reporta un valor de 480 Mg/ha de carbono almacenado en la biomasa aérea de las palmeras. La diferencia de dicho almacenamiento se debe a cantidad de individuos, variación de alturas y cantidad de especies encontrados en el área de estudio.

MARTEL y CAIRAMPOMA (2012), reportan 115.4 Mg/Ha de carbono almacenado en la biomasa aérea de la familia Arecaceae, siendo el doble de los resultados encontrados en esta investigación que es de 41 Mg/ha. Las diferencias en las cantidades de carbono encontradas los estudios, se explican con los resultados del inventario forestal, ya que para este estudio se encontró 255 individuos por hectárea, mientras que Martel y Cairampoma en su inventario

que realizaron encontraron 263 individuos por hectárea, además de las diferentes metodologías y densidades utilizadas.

En otros reportes, LEBLANC *et al.*, (2006) y GARCÍA *et al.*, (2012) en sus estudios reportan 96 Mg/Ha de carbono capturado por las palmeras, valor que se duplica al encontrado en este estudio que es de 41 MgC/Ha. El uso de diferentes de metodologías explicaría dicha diferencia, yaqué en este estudio se usó la metodología no destructiva, mientras que LEBLANC *et al.*, usó la metodología destructiva. Asimismo, HONORIO *et al.*, (2015) en su estudio realizado en los centros poblados de Jenaro Herrera en el Rio Ucayali y Veinte de Enero cerca del Río Marañón-Loreto. reporta 105.6 MgC/Ha, valor superior al encontrado en esta investigación. La diferencia de los resultados es debe a las diferentes fórmulas alométricas usadas para calcular la biomasa aérea. Y posteriormente obtener el carbono.

El carbono capturado por el ecosistema aguajal semidenso es de 53.43 Mg/Ha este valor es mayor que del aguajal mixto que es de 48 MgC/Ha, estos valores contradicen lo que reporta FREITAS *et al.*, (2006) quienes encontraron 424.7 MgC/Ha para el ecosistema aguajal mixto, valor superior al encontrado en este estudio. La diferencia se debe a que en el aguajal semidenso presenta mayor número de individuos de ambas familias tanto Arecaceae como Bombacaceae, que el ecosistema de aguajal mixto que tiene menos individuos de palmeras y árboles de la familia Bombacaceae. Por otra parte, el ecosistema de aguajal semidenso es menos intervenido por a la gente a diferencia del aguajal mixto.

El CO<sub>2</sub> promedio almacenado en la familia Arecaceae es de 186 Mg/Ha valor menor al reportado por CABUDIVO (2017) quién encontró en su estudio 197.5 Mg/Ha de CO<sub>2</sub>, siendo la especie *Mauritia flexuosa* la que almacena mayor cantidad de CO<sub>2</sub> en ambos estudios. Por otro lado, la diferencia de los resultados se debe al número de individuos presente en el área de estudio, así como también el diámetro y altura de cada individuo.

#### **4.2.2. Carbono almacenado individuos de la familia Bombacaceae**

El Carbono almacenado en árboles de la familia Bombacaceae es de 9.32 Mg/Ha, valor superior al reportado por AREVALO (2015) que es de 1.5 Mg/Ha. Esta diferencia se debe a la cantidad de individuos presentes en el área de

investigación y la variedad de especies encontradas, así como también el diámetro y la altura de cada árbol de Bombacaceae.

### **4.3. Pago por el servicio ambiental**

#### **4.3.1. Pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> de las familias Arecaceae y Bombacaceae**

En el estudio la familia que representa un mayor pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> es la familia Arecaceae con un valor de 897.04 dólares americanos/Ha, mientras que la familia Bombacaceae representa un pago de 201.43 dólares americanos/Ha. La diferencia de pagos se debe principalmente a la presencia dominante de las palmeras en relación a los árboles en el área de estudio.

El pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para la familia Araceae que es de 897.04 dólares americanos por hectárea. Esta aseveración se contradice al estudio de MARTEL y CAIRAMPOMA (2012) ya que el reporta 1731 dólares por hectárea. Sin embargo, la diferencia del pago se debe al precio de mercado de carbono utilizado. Ya que para el estudio se consideró el precio de \$5.9 dólares americanos (FOREST TREND, 2016), mientras que Martel y Cairampoma utilizaron el precio de \$15 dólares americanos.

#### **4.3.2. Pago por el servicio ambiental para el ecosistema semidenso y mixto**

El ecosistema aguajal semidenso presenta mejor oportunidad de pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> alcanzando un total de \$1155.99 dólares americanos; mientras que el pago para el ecosistema de aguajal mixto es de 1040.94 dólares americanos. La diferencia de pagos se explica con el número de individuos presentes en cada ecosistema, ya que para el ecosistema aguajal semidenso se encontró 555 individuos, mientras que para el ecosistema aguajal mixto se encontró 354 individuos. Los resultados de esta investigación son menores a los que reporta FREITAS *et al.*, (2006) quienes obtuvieron valores de 484.52 Mg/ Ha. y 424.7 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> almacenados en aguajales puros y en mixtos, pudiendo recibir \$ 2858.67 dólares americanos en aguajales densos y \$2505.73 en aguajales mixtos.

## V. CONCLUSIONES

En conclusión, del inventario realizado en el área de estudio se encontró cinco especies de la familia Arecaceae (*Mauritia flexuosa* L.f.; *Mauritiella armata* (Mart.) Burret; *Oenocarpus bataua* Mart., *Oenocarpus mapora* H.Karst. y *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl.) y dos especies de la familia Bombacaceae (*Matisia bracteolosa* Ducke y *Ceiba samauma* (Mart.) K. Schum). ambas familias y especies se encuentran presentes en el aguajal semidenso y mixto.

Del carbono fijado en la biomasa aérea de la familia Arecaceae es de 41.25Mg/Ha, siendo la especie de *Mauxitia Flexuosa* la que aporta mayor cantidad de carbono con más de 40 Mg/Ha; seguido de *Mauritella armata* con 1.6 Mg y con respecto a las demás especies el carbono que capturan es menor a una tonelada. Con respecto al de carbono fijado en la biomasa aérea de la familia Bombacaceae es de 9.3 Mg/Ha, siendo la especie *Matisia bracteolosa* Ducke. la que almacena mayor cantidad de carbono con 9 Mg/Ha mientras que las especies y *Ceiba samauma* (Mart.) K. Schum. Hube el almacenamiento de carbono es menor a media tonelada por hectárea.

Por otro lado, el total de CO<sub>2</sub> almacenado en la familia Arecaceae es de 156 Mg/Ha y para la familia Bombacaceae es de 39.89 Mg/Ha, haciendo un total de 196 Mg/Ha de CO<sub>2</sub> almacenado en el ecosistema aguajal semidenso. Asimismo, el CO<sub>2</sub> almacenado en el ecosistema aguajal mixto hace un total de 176.39 Mg/Ha, correspondiendo 184 Mg/Ha para la familia Arecaceae y 28.4 Mg/Ha para la familia Bombacaceae. Por lo tanto, se demostró que la familia Arecaceae almacena mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que la familia Bombacaceae en ambos tipos de aguajal.

Con respecto al pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> para la familia Arecaceae es de 897 dólares/Ha, siendo mayor que para la familia Bombacaceae que es de 201.4 dólares/Ha. Por otro lado, el aguajal semidenso presenta mayor oportunidad de pago por almacenamiento de des CO<sub>2</sub> siendo 1156 dólares americanos, mientras que para el aguajal mixto es de 1040.94 dólares americanos.

De acuerdo a los resultados y la prueba hipótesis realizada (U Mann-Whitney, con un nivel de significancia del 95% y p-valor<0.05), se demostró que la familia

Arecaceae almacena mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que la familia Bombacaceae. Por lo tanto, el pago por el servicio ambiental para la familia Arecaceae es mayor que en la familia Bombacaceae

## **VI. RECOMENDACIONES**

La característica del bosque de aguajales requiere de delimitaciones previas en forma diferenciada para poder optar por la distribución de las parcelas en forma estratificada.

En el caso de estudio de carbono almacenado palmeras y árboles se recomienda generar formulas específicas para cada una de las especies y corroborar con las formulas generales utilizadas para el cálculo del carbono en familias.

En el caso de aguajales se recomienda incluir a todas las familias arbóreas del ecosistema a fin de determinar con más precisión el CO<sub>2</sub> almacenado para todo el ecosistema.

Con respecto al pago por el almacenamiento de carbono en ecosistemas de aguajal, se debe elegir un precio de mercado acorde con las características del lugar de estudio.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, José L. Hipótesis, Métodos y diseños de investigación [en línea]. México, *Daena*. 2012, pp.11. [Consulta: 28 de noviembre del 2016]. ISSN 1870-557X.
- ARANGO Castaño, B. E. Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto [en línea]. 2011, pp.13-21. [Consulta: 15 de setiembre del 2016].ISSN-e 2027-9442.
- AREVALO D. Carla D. Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental [en línea]. Ecuador. 2015, pp.187. [Consulta: 15 de noviembre del 2016].
- BASTIENNE, Schlegel, Jorge Gayoso y GUERRA Javier. Manual de Procedimientos. Muestreos de biomasa forestal [en línea]. *Universidad Austral de Chile-INFOR*. 2000, pp.26. [Consulta: 30 de octubre del 2016].
- CABUDIVO Coquinche. K. Secuestro de CO<sub>2</sub> y producción de oxígeno en árboles urbanos de la A. Abelardo Quiñones-Distrito San Juan Bautista, Loreto-Perú, 2016. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en ecología de bosques tropicales*. Iquitos-Perú. [en línea]. 2017. pp.80. [Consulta: 24 de abril del 2017].
- CAÑARI Espinosa, A., & PANDURO Pisco, G. Fijación y almacenamiento de carbono en plantaciones de palma aceitera en el eje de la carretera Neshuya-Curimaná, provincia de Padre Abad, región Ucayali [en línea]. *Tzhoecoen V.6 (2)*. 2014, 201-226 pp. [Consulta: 01 de agosto del 2016]. ISSN: 1997-3985.
- CARVAJAL, M.; MOTA, C.; ALCARAZ, C.; IGLESIAS, M. y Martínez, M. Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos [en línea]. *sin año*, pp.43. [Fecha de Consulta: 23 de noviembre del 2016].
- CAZAU, Pablo.. Introducción a la investigación en ciencias sociales. Buenos Aires-Argentina [en línea]. 2006, pp.194. [Consulta: 28 de noviembre del 2016].
- CHAVEZ P, Edwin; RODRIGUEZ O, Gerardo; CARRILLO R, Cruz; ENRIQUEZ R, José; CHAVEZ S, Luis y CAMPOS A, Gisela. Factores de expansión de biomasa aérea para pinus chiapensis(Mart) Andresen. 2013.
- DAVILA H. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*), en los departamentos de

- Suchitepquez y Retalhuleu sur – occidente de Guatemala [en línea]. 2011, pp.8. [Consulta: 01 de noviembre del 2016].
- ESPINOZA Pérez, D. M., MIRANDA Ruíz, E., & PANDURO Pisco, G. Almacenamiento y fijación de carbono en una plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en campus de la Universidad Nacional de Ucayali [en línea]. *Tzhoeco* V.6 (2). 2014, pp.153-164. [Consulta: 01 de agosto del 2016].
- FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS (FEMP). Sumideros de carbono a nivel local: Red española de ciudades por el clima [en línea]. España; 2012, pp.162. [Fecha de Consulta: 23 de noviembre del 2016].
- FREITAS Alvaro, L., OTÁROLA Acevedo, E., DEL CASTILLO Torres, D., LINARES Bensimón, C., MARTÍNEZ Dávila, P., & MALCA Salas, G. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto-Perú [en línea]. *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana*. 2006, pp.1-65. [Consulta: 01 de agosto del 2016].
- FOREST TRENDS. Getting Started: Un Manual Introductorio para Evaluar y Desarrollar Pagos por Servicios Ambientales [en línea]. Grupo Katoomba, Australia. 2007, pp.71. [Consulta: 29 de Setiembre del 2016].
- GARCÍA Soria, D., HONORIO Coronado, E., & DEL CASTILLO, D. Determinación del stock de carbono en aguajales de la cuenca del río aguaytía, Ucayali-Perú [en línea]. *Folia Amazónica*.V: 21(1-2). 2012, pp.1-8. [Consulta: 04 de agosto del 2016].
- GOESAM. Análisis económico del impacto del desarrollo alternativo, en relación a la deforestación y la actividad colera. San Martín [en línea]. 2014, pp.105. [Consulta: 05 de agosto del 2016]. ISSN:2013-14523
- AALDE, Harold; GONZALEZ, Patrick; GYTARSKY, Michael; KRUG, Thelma; KURZ, Werner; OGLE Stephen; RAISON, John; SCHOENE, Dieter y RAVINDRANATH, N. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Tierras forestales. [en línea]. 2006, pp.93. [Consulta: 22 de mayo del 2017]. ISBN:92-9169-104-7.
- HAMBRICK, K. Raising Ambition; State of the Voluntary Carbon Market. *Ecosistem Marketplace*. FOREST TRENDS.2016. [en línea]. [Consulta: 10 mayo de 2017].

- HOLM, J. A. A thesis presented to the graduate school of the university of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science [en línea]. *University of Florida*. 2007, pp. 97. [Consulta: 02 de setiembre del 2016].
- HONORIO, E. N., & BAKER, T. R. Manual para el monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos. Instituto de la Amazonia Peruana [en línea]. Lima. Universidad de Leeds. 2010, pp.56. [Consulta: 01 de setiembre del 2016].
- HONORIO Coronado, E. N., VEGA Arenas, J. E., & CORRALES, M. N. Diversidad, estructura y carbono de los bosques aluviales del noreste Peruano [en línea]. *Folia Amazónica*. V:24(1). 2015, pp.55-70. [Consulta: 26 de Agosto del 2016].
- HUAMÁN Turgo, Lezeth K. Valoración del uso de especies arbóreas empleadas por la comunidad Shampuyacu para su conservación y uso sostenible. Bosque premontano de San Martín, Perú [en línea]. 2014, pp.36. [Consulta: 26 de Octubre del 2016].
- INEI. Anuario de estadísticas ambientales. Biodiversidad [en línea]. 2012, pp. 56. [Consulta: 05 de noviembre del 2016].
- INEI. Perfil sociodemográfico del Departamento de San Martín [en línea]. Lima. 2009, pp.346. [Consulta: 07 de agosto del 2016].
- IPCC. Cambio climático y biodiversidad [en línea]. 2002, pp.93. [Consulta: 07 de agosto del 2016]. ISBN:92-9169-104-7.
- JIMÉNEZ S, Humberto. Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge [en línea]. 1982, pp.32. [Consulta: 10 junio de 2017].
- LASSO, C. A., RIAL, A., & GONZÁLEZ B. , V. Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. *Parte I*. Bogotá, Colombia: Serie editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2013, pp.346. ISBN:978-958-8343-86-0
- LEBLANC, H., RUSSO, J. R., CUEVA, J., & SUBIA, E. Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica . *Tierra Tropical*; V: 2(2). 2006, pp.143-148.
- LEÓN, Blanca. Bombacaceae endémicas del Perú. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Museo Histórico Nacional: *Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM*. 2006, pp.2.

- LEY N° 28611. Ley General del Ambiente [en línea]. 2005, pp.168. [Consulta: 24 de Setiembre del 2016].
- LEY N°30215. Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos [en línea].2014, pp.3. [Consulta: 24 de Setiembre del 2016].
- LÓPEZ Valenzuela, G. C. Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo violeta(Distrito de Tahuamanu-Madre de Dios) [en línea]. *Tesis para optar el título de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente*. 2015, pp.81. [Consulta: 07 de agosto del 2016].
- MARTEL, C., & CAIRAMPOMA, L. Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en "CICRA", Madre de Dios [en línea].Perú. *Ecología Aplicada: V. 11(2)*. 2012, pp.59-65. [Consulta: 07 de agosto del 2016].
- MASS Horna, W., & COMITE, de Protección "Maynani". Plan de manejo forestal de *Maauritia flexuosa*"Aguaje" en la zona de Nauta Caño, Cuenca Yanayacu Pucate, Reserva Nacional Pacaya Samira 2011-2015 [en línea]. (M. M. Brañas, Ed.) . V: 1(1). 2011, pp.42. [Consulta: 11 de agosto del 2016].
- MINAM. Segunda Comunicación del Perú a CMNUCC: Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales [en línea]. Perú. 2009, pp.99. [Consulta: 15 de Agosto del 2016].
- MINAM. Guía de Evaluación de la Flora Silvestre[en línea]. 2010, pp.49. [Consulta: 29 de Octubre del 2016].
- MINAM. Cuantificación y análisis de la deforestación en la amazonia Peruana en el periodo 2010-2014 [en línea]. Perú. 2015, pp.108. [Consulta: 03 de Setiembre de 2016].
- PANEL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO-PNUMA. ¿La solución natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático-Evaluación rápida del PNUMA [en línea]. 2009, pp. 39. [Fecha de Consulta: 23 de noviembre del 2016].
- PALOMINO Contreras, Diana. Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Lima, Perú [en línea]. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. 2007, pp. 11. [Consulta: 20 de Octubre del 2016]. ISSN: 1561-0888.
- PHILIPS, O., Baker, T., FELDPAUSCH T., & BRIENEN, R. *Manual de Campo para la remediación y establecimiento de parcelas-RAINFOR* [en línea]. *The Royal society*. 2016, pp.24. [Consulta: 20 de Setiembre del 2016].

- RAINFOREST ALLIANCE. *Evaluación participativa de la fenología de las palmeras aguaje(Mauritia flexuosa) y ungurahui(Oenocarpus bataua) en la comunidad nativa Tres Isla, Madre de Dios* [en línea]. Lima-Perú. 2015, pp.40. [Consulta: 13 de agosto del 2016]. ISSN: 2015-16186.
- RUGNITZ Tito, Marcos; CHACÓN León, Mario y PORRO, Roberto. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales [en línea]. Perú:Centro Mundial Agroforestal (ICRAF); Consorcio Iniciativa Amazónica(IA). 2009, pp.92. [Consulta: 24 de Setiembre del 2016]. ISBN: 978-9095-254-9.
- SENAMHI. Boletín Hidrometeorológico de San Martín. Dirección zonal 9 [en línea]. San Martín-Perú. 2016, pp.19. [Consulta: 29 de noviembre del 2016].
- TORRES G. Alba M.; BAUTISTA A. Juan.; CARDENAS, Mariana.; VARGAS, Jhon A.; LONDOÑO, Viviana.; RIVERA, Katherine.; HOME, Johan.; DUQUE, Olga L. y GONZÁLEZ, Ángela. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del valle del Cauca, Colombia [en línea]. Biota Colombiana 13(2). 2012. [Consulta: 30 de Agosto del 2016].
- YEPES, A; NAVARRETE, D; DUQUE, A; PHILLIPS J., CABRERA K.R., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, M.C., ORDOÑEZ, M.F. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia [en línea]. 2011, pp.162. [Consulta: 24 de Agosto del 2016].
- ZARATE, Ricardo; MORI J, Tony y MACO T, José. Estructura y composición florística de las comunidades vegetales del ambiente de la carretera Iquitos-Nauta, Loreto-Perú [en línea]. *Vol. (22)*. 2013 pp.14. [Consulta: 10 junio de 2017].
- ZUÑIGA L, I. y CRESPO DA, E. Meteorología y climatología [en línea]. *Universidad Nacional de Educación Ambiental:Uned*. 2010, pp.262. [Consulta: 24 de Agosto del 2016]. ISBN: 9878436260076.

## ANEXO N°1: Ficha de recolección de datos en campo

| Inventario de individuos principales con DAP $\geq$ 7.5 cm presentes en el aguajal |   |  |         |  |
|--|---|--|---------|--|
| <b>Parcela:</b> 20   |   | <b>Equipo:</b> Celinda Vilca, Yakov Quinteros, David Vásquez, Leandro Vásquez, |         | <b>GPS A:</b> 260701.8E/<br>9333119 N- UTM |
| <b>Fecha:</b> 17/01/2017   |   |  |         | <b>GPS B:</b> 260721.1E/<br>9333125 N- UTM |
| <b>Hora inicio:</b> 8:00 am  |   | <b>Medida parcela:</b> 400 m <sup>2</sup> --> 20 x 20m                         |         | <b>GPS C:</b> 260715.9E/<br>9333099N- UTM  |
| <b>Hora fin:</b> 11:00 am  |   | <b>Ecosistema tipo:</b> Aguajal semidenso                                      |         | <b>GPS D:</b> 260696.6E/<br>9333105N- UTM  |
| #  | Especie                                     | Etiqueta   | DAP(cm) | Altura(m)                                  |
| 1  | Mauritiella armata (Mart.) Burret           | 401  | 11.5    | 8  |
| 2  | Mauritiella armata (Mart.) Burret           | 402  | 11.5    | 8  |
| 3  | Mauritiella armata (Mart.) Burret           | 403  | 11.5    | 8  |
| 4  | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 404  | 8.0     | 6  |
| 5  | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 405  | 8.0     | 6  |
| 6  | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 406  | 8.0     | 6.5  |
| 7  | Oenocarpus bataua Mart.                     | 407  | 8.0     | 7  |
| 8  | Oenocarpus bataua Mart.                     | 408  | 9.5     | 5  |
| 9  | Oenocarpus bataua Mart.                     | 409  | 12.1    | 6  |
| 10   | Oenocarpus bataua Mart.                     | 410  | 15.6    | 11   |
| 11   | Oenocarpus bataua Mart.                     | 411  | 19.7    | 8  |
| 12   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 412  | 7.6     | 6.5  |
| 13   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 413  | 7.6     | 5.5  |
| 14   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 414  | 7.6     | 6  |
| 15   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 415  | 7.6     | 4  |
| 16   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 416  | 7.8     | 5.5  |
| 17   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 417  | 7.8     | 6  |
| 18   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 418  | 8.0     | 5  |
| 19   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 419  | 8.0     | 4.5  |
| 20   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 420  | 8.0     | 4  |
| 21   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 421  | 8.0     | 4  |
| 22   | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 422  | 40.4    | 10   |
| 23   | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 423  | 40.6    | 14   |
| 24   | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 424  | 40.7    | 12   |
| 25   | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 425  | 40.7    | 11   |
| 26   | <i>Mauritia flexuosa</i> L.f.               | 426  | 40.9    | 8.5  |
| 27   | <i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K. Schum.      | 427  | 8.5     | 6  |
| 28   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 428  | 7.6     | 7.5  |
| 29   | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 429  | 7.6     | 5  |
| 30   | <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 431  | 25.5    | 13   |

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes *et al*, 2010.

## ANEXO N°2: Ficha de determinación de la Biomasa aérea, carbono, CO<sub>2</sub>e y PSA

| FICHA DE MEDICIÓN DE LA BIOMASA AÉREA, CARBONO, CO <sub>2</sub> e Y PSA |             |   |          |                      |                  |                           |                               |                                  |                              |                           |  |
|---|-------------|---|----------|----------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| Tipo de ecosistema: Aguajal mixto                                       |             |   |          |                      |                  |                           |                               |                                  |                              |                           |  |
| # Individuos  | Familia     | Nombre científico                           | DAP (cm) | AB (m <sup>2</sup> ) | Altura total (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Densidad (Mg/m <sup>3</sup> ) | Biomasa Vol*1.18*Dmadera (Mg/ha) | Cantidad de Carbono C=BA*0.5 | CO <sub>2</sub> =MgC*3.67 | PSA= MgCO <sub>2</sub> /Ha*5.9 Dolares |
| 1   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.639    | 0.005                | 7.500            | 0.024                     | 0.410                         | 0.012                            | 0.006                        | 0.021                     | 0.126                                  |
| 2   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.639    | 0.005                | 5.000            | 0.016                     | 0.410                         | 0.008                            | 0.004                        | 0.014                     | 0.084                                  |
| 3   | Arecaceae   | <i>Oenocarpus bataua</i> Mart.              | 7.639    | 0.005                | 8.500            | 0.027                     | 0.710                         | 0.023                            | 0.011                        | 0.042                     | 0.247                                  |
| 4   | Arecaceae   | <i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl. | 7.639    | 0.005                | 8.000            | 0.026                     | 0.230                         | 0.007                            | 0.003                        | 0.013                     | 0.075                                  |
| 5   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.703    | 0.005                | 4.000            | 0.013                     | 0.410                         | 0.006                            | 0.003                        | 0.012                     | 0.068                                  |
| 6   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.799    | 0.005                | 6.500            | 0.022                     | 0.410                         | 0.011                            | 0.005                        | 0.019                     | 0.114                                  |
| 7   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.799    | 0.005                | 9.000            | 0.030                     | 0.410                         | 0.015                            | 0.007                        | 0.027                     | 0.158                                  |
| 8   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.958    | 0.005                | 6.000            | 0.021                     | 0.410                         | 0.010                            | 0.005                        | 0.019                     | 0.109                                  |
| 9   | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.958    | 0.005                | 7.000            | 0.024                     | 0.410                         | 0.012                            | 0.006                        | 0.022                     | 0.128                                  |
| 10  | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.958    | 0.005                | 6.000            | 0.021                     | 0.410                         | 0.010                            | 0.005                        | 0.019                     | 0.109                                  |
| 11  | Bombacaceae | <i>Matisia bracteolosa</i> Ducke            | 7.958    | 0.005                | 10.000           | 0.035                     | 0.410                         | 0.017                            | 0.008                        | 0.031                     | 0.182                                  |
| 12  | Arecaceae   | <i>Mauritiella armata</i> (Mart.) Burret    | 7.958    | 0.005                | 4.000            | 0.014                     | 0.460                         | 0.008                            | 0.004                        | 0.014                     | 0.082                                  |

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes *et al*, 2010.

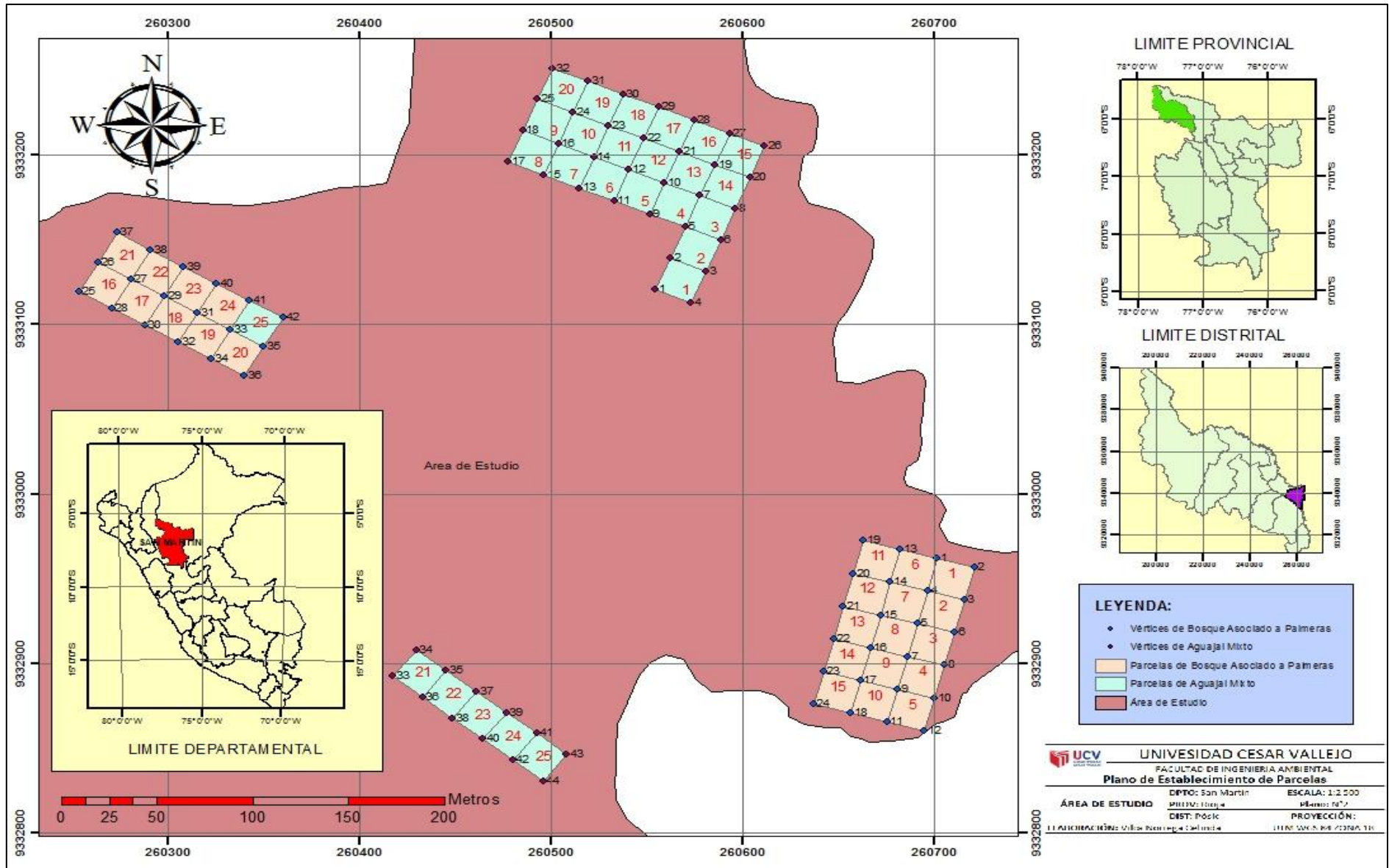
### ANEXO N°3: Matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA  |  |   |  |  |   |
|---|--|---|--|--|---|
| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA  | OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN  | HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN   | JUSTIFICACIÓN  | VARIABLES  | METODOLOGÍA   |
| <p><b>General</b><br/>-¿Cuánto de CO<sub>2</sub> es almacenado en biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en el distrito de Pósic, San Martín-2017?</p> <p><b>Específicos</b><br/>-¿Cuánto es la cantidad de carbono acumulado en la biomasa aérea de las palmeras de la familia Arecaceae con DAP≥7.5 cm para una hectárea?<br/><br/>-¿Cuál es la cantidad de carbono fijado en árboles de la familia Bombacaceae con DAP ≥ 7.5 cm para una hectárea?<br/><br/>-¿Cuánto es el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> familias Arecaceae y Bombacaceae para una hectárea de aguajal semidenso?</p> | <p><b>General</b><br/>-Determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> almacenado en la biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en el distrito de Pósic-Rioja, San Martín-2017.</p> <p><b>Específicos</b><br/>-Determinar la cantidad de carbono acumulado en la biomasa aérea de palmeras de la familia Arecaceae con DAP ≥ 7.5 cm para una hectárea.<br/><br/>-Determinar la cantidad de carbono fijado en árboles de la familia Bombacaceae con DAP ≥ 7.5 cm para una hectárea.<br/><br/>- Determinar el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> de las familias Arecaceae y Bombacaceae para una hectárea de aguajal semidenso.</p> | <p><b>General</b><br/>- El almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de palmeras de la familia Arecaceae es mayor que en arboles la familia Bombacaceae.</p> <p><b>Específicos</b><br/>-El carbono almacenado en palmeras de la familia Arecaceae es mayor a 424 Tn/ha.<br/><br/>- El carbono fijado en la biomasa aérea de árboles de la familia Bombacaceae es mayor a 1.5 Mg/ha.<br/><br/>- El pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO<sub>2</sub> es mayor familia Arecaceae que en Bombacaceae para una hectárea de aguajal semidenso.</p> | <p>Los ecosistemas de aguajal brindan servicios de gran interés tanto económico y social como ambiental. Es así que, las palmeras de la familia Arecaceae (aguajes) son una especie clave en el territorio y debe concentrar nuestra atención; ya que cumple un papel importante en el almacenamiento de carbono y mitigación del cambio climático, ya que son considerados los principales sumideros de carbono debido a que disminuyen los gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> (Freitas <i>et al.</i> 2006).También estos bosques desempeñan un papel importante en la cadena trófica.</p> <p>La importancia del desarrollo de la investigación es determinar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en biomasa área de las familias Arecaceae y Bombacaceae del ecosistema aguajal, ya que nos permite conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> que se puede liberar al ambiente si se cortan estos árboles. Asimismo, realizando el estudio estaríamos cumpliendo con de las estrategias establecidas por el protocolo de Kioto. Por otro lado, al calcular el pago por el servicio ambiental los productores tendrán la oportunidad de elegir su sistema productivo de acuerdo a los beneficios.</p> <p>Por estos y otros motivos se justifica la importancia de esta investigación en estimar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea de la familia Arecaceae y Bombacaceae del ecosistema aguajal.</p> | <p><u>INDEPENDIENTE</u></p> <p>Biomasa aérea de árboles de la familia Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal.</p> <p><u>DEPENDIENTE</u></p> <p>Almacenamiento de CO<sub>2</sub> en árboles de Arecaceae y Bombacaceae.</p> | <p>Enfoque cuantitativo con diseño no experimental.</p> <p><b>Población:</b> Son de palmeras la familia Arecaceae y árboles de la familia Bombacaceae de un ecosistema aguajal (7 Hectáreas).</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra fue de dos hectáreas: una para aguajal semidenso y otra para aguajal mixto.</p> <p><b>Técnica de muestreo:</b><br/>La técnica que se utilizará es observacional (BECERRA, 2012).</p> <p>El instrumento a utilizar será la ficha de observación y protocolos, guías que permitan el desarrollo del proyecto.</p> |

Fuente: Elaboración propia.



# ANEXO N°4: Plano de establecimiento de parcelas en el área de estudio.



**ANEXO N°5: Coordenadas de las parcelas ubicadas en el área de estudio.**

| ECOSISTEMA AGUAJAL MIXTO |          |                 |           |                       |          |                 |           |                       |          |                 |           |
|--------------------------|----------|-----------------|-----------|-----------------------|----------|-----------------|-----------|-----------------------|----------|-----------------|-----------|
| Parcelas<br>(20x20 m)    | Vértices | Coordenadas UTM |           | Parcelas<br>(20x20 m) | Vértices | Coordenadas UTM |           | Parcelas<br>(20x20 m) | Vértices | Coordenadas UTM |           |
|                          |          | Este (m)        | Norte(m)  |                       |          | Este (m)        | Norte(m)  |                       |          | Este (m)        | Norte(m)  |
| 1                        | 1        | 260701.8        | 9332961.6 | 9                     | 17       | 260666.9        | 9332908.9 | 17                    | 28       | 260271.1        | 9333109.3 |
|                          | 2        | 260721.1        | 9332956.4 |                       | 16       | 260686.2        | 9332903.7 |                       | 27       | 260281.1        | 9333126.6 |
|                          | 3        | 260715.9        | 9332937.1 |                       | 7        | 260681.0        | 9332884.3 |                       | 29       | 260298.4        | 9333116.6 |
|                          | 4        | 260696.6        | 9332942.3 |                       | 9        | 260661.7        | 9332889.5 |                       | 30       | 260288.4        | 9333099.3 |
| 2                        | 5        | 260696.6        | 9332942.3 | 10                    | 18       | 260661.7        | 9332889.5 | 18                    | 30       | 260288.4        | 9333099.3 |
|                          | 4        | 260715.9        | 9332937.1 |                       | 17       | 260681.0        | 9332884.3 |                       | 29       | 260298.4        | 9333116.6 |
|                          | 3        | 260710.7        | 9332917.8 |                       | 9        | 260675.8        | 9332865.0 |                       | 31       | 260315.7        | 9333106.6 |
|                          | 6        | 260691.4        | 9332923.0 |                       | 11       | 260656.5        | 9332870.2 |                       | 32       | 260305.7        | 9333089.3 |
| 3                        | 7        | 260691.4        | 9332923.0 | 11                    | 20       | 260663.2        | 9332972.0 | 19                    | 32       | 260305.7        | 9333089.3 |
|                          | 5        | 260710.7        | 9332917.8 |                       | 19       | 260682.5        | 9332966.8 |                       | 31       | 260315.7        | 9333106.6 |
|                          | 6        | 260705.5        | 9332898.5 |                       | 13       | 260677.3        | 9332947.5 |                       | 33       | 260333.0        | 9333096.6 |
|                          | 8        | 260686.2        | 9332903.7 |                       | 14       | 260658.0        | 9332952.7 |                       | 34       | 260323.0        | 9333079.3 |
| 4                        | 9        | 260686.2        | 9332903.7 | 12                    | 21       | 260658.0        | 9332952.7 | 20                    | 34       | 260323.0        | 9333079.3 |
|                          | 7        | 260705.5        | 9332898.5 |                       | 20       | 260677.3        | 9332947.5 |                       | 33       | 260333.0        | 9333096.6 |
|                          | 8        | 260700.3        | 9332879.1 |                       | 14       | 260672.1        | 9332928.2 |                       | 35       | 260350.3        | 9333086.6 |
|                          | 10       | 260681.0        | 9332884.3 |                       | 15       | 260652.8        | 9332933.4 |                       | 36       | 260340.3        | 9333069.2 |
| 5                        | 11       | 260681.0        | 9332884.3 | 13                    | 22       | 260652.8        | 9332933.4 | 21                    | 26       | 260263.8        | 9333136.6 |
|                          | 9        | 260700.3        | 9332879.1 |                       | 21       | 260672.1        | 9332928.2 |                       | 37       | 260273.8        | 9333153.9 |
|                          | 10       | 260695.1        | 9332859.8 |                       | 15       | 260666.9        | 9332908.9 |                       | 38       | 260291.1        | 9333143.9 |
|                          | 12       | 260675.8        | 9332865.0 |                       | 16       | 260647.6        | 9332914.0 |                       | 27       | 260281.1        | 9333126.6 |
| 6                        | 14       | 260682.5        | 9332966.8 | 14                    | 23       | 260647.6        | 9332914.0 | 22                    | 27       | 260281.1        | 9333126.6 |
|                          | 13       | 260701.8        | 9332961.6 |                       | 22       | 260666.9        | 9332908.9 |                       | 38       | 260291.1        | 9333143.9 |
|                          | 1        | 260696.6        | 9332942.3 |                       | 16       | 260661.7        | 9332889.5 |                       | 39       | 260308.4        | 9333133.9 |

|   |    |          |           |    |    |          |           |    |          |           |           |
|---|----|----------|-----------|----|----|----------|-----------|----|----------|-----------|-----------|
|   | 4  | 260677.3 | 9332947.5 |    | 17 | 260642.4 | 9332894.7 |    | 29       | 260298.4  | 9333116.6 |
| 7 | 15 | 260677.3 | 9332947.5 | 15 | 24 | 260642.4 | 9332894.7 | 23 | 29       | 260298.4  | 9333116.6 |
|   | 14 | 260696.6 | 9332942.3 |    | 23 | 260661.7 | 9332889.5 |    | 39       | 260308.4  | 9333133.9 |
|   | 4  | 260691.4 | 9332923.0 |    | 17 | 260656.5 | 9332870.2 |    | 40       | 260325.7  | 9333123.9 |
|   | 5  | 260672.1 | 9332928.2 |    | 18 | 260637.2 | 9332875.4 |    | 31       | 260315.7  | 9333106.6 |
| 8 | 16 | 260672.1 | 9332928.2 | 16 | 25 | 260253.8 | 9333119.3 | 24 | 31       | 260315.7  | 9333106.6 |
|   | 15 | 260691.4 | 9332923.0 |    | 26 | 260263.8 | 9333136.6 |    | 40       | 260325.7  | 9333123.9 |
|   | 5  | 260686.2 | 9332903.7 |    | 27 | 260281.1 | 9333126.6 |    | 41       | 260343.0  | 9333113.9 |
|   | 7  | 260666.9 | 9332908.9 |    | 28 | 260271.1 | 9333109.3 |    | 33       | 260333.0  | 9333096.6 |
|   |    |          |           |    |    |          |           | 25 | 33       | 260333.0  | 9333096.6 |
|   |    |          |           |    |    |          | 41        |    | 260343.0 | 9333113.9 |           |
|   |    |          |           |    |    |          | 42        |    | 260360.4 | 9333103.9 |           |
|   |    |          |           |    |    |          | 35        |    | 260350.3 | 9333086.6 |           |

Fuente: Elaboración propia.

| ECOSISTEMA AGUAJAL SEMIDENSO |          |                 |           |                          |          |                 |           |                          |          |                 |           |
|------------------------------|----------|-----------------|-----------|--------------------------|----------|-----------------|-----------|--------------------------|----------|-----------------|-----------|
| Parcelas<br>(20x20<br>m)     | Vértices | Coordenadas UTM |           | Parcelas<br>(20x20<br>m) | Vértices | Coordenadas UTM |           | Parcelas<br>(20x20<br>m) | Vértices | Coordenadas UTM |           |
|                              |          | Este (m)        | Norte(m)  |                          |          | Este (m)        | Norte(m)  |                          |          | Este (m)        | Norte(m)  |
| 1                            | 1        | 260554.8        | 9333120.4 | 9                        | 7        | 260577.9        | 9333175.8 | 17                       | 22       | 260548.7        | 9333209.6 |
|                              | 2        | 260562.5        | 9333138.8 |                          | 19       | 260585.6        | 9333194.2 |                          | 29       | 260556.4        | 9333228.1 |
|                              | 3        | 260581.0        | 9333131.2 |                          | 20       | 260604.1        | 9333186.5 |                          | 28       | 260574.8        | 9333220.4 |
|                              | 4        | 260573.3        | 9333112.7 |                          | 8        | 260596.4        | 9333168.1 |                          | 21       | 260567.1        | 9333201.9 |
| 2                            | 2        | 260562.5        | 9333138.8 | 10                       | 10       | 260559.4        | 9333183.5 | 18                       | 23       | 260530.2        | 9333217.3 |
|                              | 5        | 260570.2        | 9333157.3 |                          | 21       | 260567.1        | 9333201.9 |                          | 30       | 260537.9        | 9333235.8 |
|                              | 6        | 260588.7        | 9333149.6 |                          | 19       | 260585.6        | 9333194.2 |                          | 29       | 260556.4        | 9333228.1 |
|                              | 3        | 260581.0        | 9333131.2 |                          | 7        | 260577.9        | 9333175.8 |                          | 22       | 260548.7        | 9333209.6 |
| 3                            | 5        | 260570.2        | 9333157.3 | 11                       | 12       | 260541.0        | 9333191.2 | 19                       | 24       | 260511.7        | 9333225.0 |
|                              | 7        | 260577.9        | 9333175.8 |                          | 22       | 260548.7        | 9333209.6 |                          | 31       | 260519.4        | 9333243.5 |
|                              | 8        | 260596.4        | 9333168.1 |                          | 21       | 260567.1        | 9333201.9 |                          | 30       | 260537.9        | 9333235.8 |
|                              | 6        | 260588.7        | 9333149.6 |                          | 10       | 260559.4        | 9333183.5 |                          | 23       | 260530.2        | 9333217.3 |
| 4                            | 9        | 260551.7        | 9333165.0 | 12                       | 14       | 260522.5        | 9333198.8 | 20                       | 25       | 260493.3        | 9333232.7 |
|                              | 10       | 260559.4        | 9333183.5 |                          | 23       | 260530.2        | 9333217.3 |                          | 32       | 260501.0        | 9333251.2 |
|                              | 7        | 260577.9        | 9333175.8 |                          | 22       | 260548.7        | 9333209.6 |                          | 31       | 260519.4        | 9333243.5 |
|                              | 5        | 260570.2        | 9333157.3 |                          | 12       | 260541.0        | 9333191.2 |                          | 24       | 260511.7        | 9333225.0 |
| 5                            | 11       | 260533.3        | 9333172.7 | 13                       | 16       | 260504.1        | 9333206.5 | 21                       | 33       | 260417.5        | 9332892.0 |
|                              | 12       | 260541.0        | 9333191.2 |                          | 24       | 260511.7        | 9333225.0 |                          | 34       | 260429.9        | 9332907.7 |
|                              | 10       | 260559.4        | 9333183.5 |                          | 23       | 260530.2        | 9333217.3 |                          | 35       | 260445.6        | 9332895.3 |
|                              | 9        | 260551.7        | 9333165.0 |                          | 14       | 260522.5        | 9333198.8 |                          | 36       | 260433.2        | 9332879.6 |

|   |    |          |           |    |    |          |           |    |    |          |           |           |
|---|----|----------|-----------|----|----|----------|-----------|----|----|----------|-----------|-----------|
| 6 | 13 | 260514.8 | 9333180.4 | 14 | 18 | 260485.6 | 9333214.2 | 22 | 36 | 260433.2 | 9332879.6 |           |
|   | 14 | 260522.5 | 9333198.8 |    | 25 | 260493.3 | 9333232.7 |    | 35 | 260448.9 | 9332867.2 |           |
|   | 12 | 260541.0 | 9333191.2 |    | 24 | 260511.7 | 9333225.0 |    | 37 | 260461.3 | 9332882.9 |           |
|   | 11 | 260533.3 | 9333172.7 |    | 16 | 260504.1 | 9333206.5 |    | 38 | 260445.6 | 9332895.3 |           |
| 7 | 15 | 260496.4 | 9333188.1 | 15 | 19 | 260585.6 | 9333194.2 | 23 | 38 | 260448.9 | 9332867.2 |           |
|   | 16 | 260504.1 | 9333206.5 |    | 26 | 260593.3 | 9333212.7 |    | 37 | 260461.3 | 9332882.9 |           |
|   | 14 | 260522.5 | 9333198.8 |    | 27 | 260611.7 | 9333205.0 |    | 39 | 260477.0 | 9332870.6 |           |
|   | 13 | 260514.8 | 9333180.4 |    | 20 | 260604.1 | 9333186.5 |    | 40 | 260464.6 | 9332854.8 |           |
| 8 | 17 | 260477.9 | 9333195.8 | 16 | 21 | 260567.1 | 9333201.9 | 24 | 40 | 260464.6 | 9332854.8 |           |
|   | 18 | 260485.6 | 9333214.2 |    | 28 | 260574.8 | 9333220.4 |    | 39 | 260477.0 | 9332870.6 |           |
|   | 16 | 260504.1 | 9333206.5 |    | 26 | 260593.3 | 9333212.7 |    | 41 | 260492.7 | 9332858.2 |           |
|   | 15 | 260496.4 | 9333188.1 |    | 19 | 260585.6 | 9333194.2 |    | 42 | 260480.4 | 9332842.5 |           |
|   |    |          |           |    |    |          |           |    | 25 | 42       | 260480.4  | 9332842.5 |
|   |    |          |           |    |    |          |           |    |    | 41       | 260492.7  | 9332858.2 |
|   |    |          |           |    |    |          |           |    |    | 43       | 260508.4  | 9332845.8 |
|   |    |          |           |    |    |          |           |    |    | 44       | 260496.1  | 9332830.1 |

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO N° 6: Panel fotográfico



*Ilustración N°1:* Cultivo de arroz en el ecosistema aguajal de Pósic, San Martín.



*Ilustración N°2:* Palmeras *Mauritia flexuosa* en el ecosistema de aguajal en el distrito de Pósic.



*Ilustración N°3:* Árboles de la familia Bombacaceae en el ecosistema aguajal, Pósic.



*Ilustración N° 4:* Tirando la Wincha para para luego colocar las rafias para establecer las parcelas.



*Ilustración N°5:* Tomando las coordenadas de una esquina de la parcela.



*Ilustración N°6:* Delimitando las parcelas de 20 x20 metros en el ecosistema aguajal, en Pósic.





*Ilustración N°7:* Colocando la estaca para amarrar las rafias para establecer la parcela.



*Ilustración N°8:* Estaca de una esquina de la parcela de 20x20 metros en el aguajal de Pósic.



*Ilustración N°9:* Midiendo con la regla a 1.3 metros sobre del suelo para luego medir el DAP con la cinta métrica.



*Ilustración N°10:* Midiendo el Diametro(DAP) a 1.3 metros del suelo de la especie *Matisia bracteolosa* Ducke de la familia Bombacaceae con la cinta métrica.



*Ilustración N° 11:* Midiendo la altura con el clinómetro a las palmeras.



*Ilustración N°12:* Apuntando los datos de altura y DAP de las familias en estudio.



*Ilustración N°13: Especies enumeradas del área de estudio.*



*Ilustración N° 14: Culminando de enumerar las palmeras.*

**ANEXO N° 7: Constancia de identificación de especies de palmeras y árboles de la estudio**

**CONSTANCIA**

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: *Magnoliophyta*

CLASE: *Liliopsida*


FAMILIA: *Areaceae*

GÉNERO: *Socratea*

ESPECIE: *evhorriza*

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017

  
Blgo. Yakov Quintero Gómez

## CONSTANCIA

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida


FAMILIA: Arecaceae

GÉNERO: Oenocarpus

ESPECIE: mapora

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017

  
Bigo. Yakov Quintero Gómez

## CONSTANCIA

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

FAMILIA: Areaceae

GÉNERO: Mauritia

ESPECIE: armata

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017

  
Bigo. Yakov Quintero Gómez

## CONSTANCIA

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

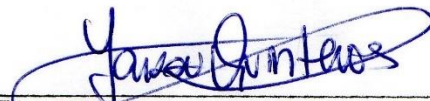
FAMILIA: Arecaeae

GÉNERO: Mauritia

ESPECIE: flexuosa

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017

  
Bigo. Yakov Quintero Gómez



## CONSTANCIA

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Liliopsida

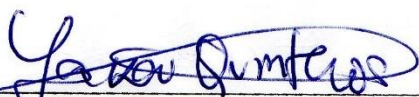
FAMILIA: Areaceae

GÉNERO: Oenocarpus

ESPECIE: bataua

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017



Bloq. Yakov Quintero Gómez

## CONSTANCIA

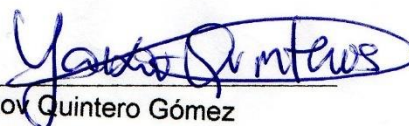
EL BIÓLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallos y hojas) recibidas de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta  
CLASE: Magnoliopsida  
FAMILIA: Bombacaceae  
GÉNERO: Melissa bracteolosa  
ESPECIE: bracteolosa

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017



Blgo. Yakov Quintero Gómez

## CONSTANCIA

EL BIOLOGO YAKOV QUINTEROS GÓMEZ, DEJA CONSTANCIA DE:

Las muestras (tallo y hojas) recibida de la Srta. NORA CELINDA VILCA NORIEGA, estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ha sido estudiada y clasificada como:

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

FAMILIA: Bombacaceae

GÉNERO: Ceiba samaurama

ESPECIE: samaurama

Se extiende la presente constancia a solicitud de la persona interesada, para fines que estime conveniente.

Lima, 19 de junio del 2017

  
Blgo. Yakov Quintero Gómez

## ANEXO N°8: Fichas de validación de instrumento de recolección de datos.

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: MUNIVE CERROS RUBEN  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE T.C. UCV - ING. AMBIENTAL  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: EXHA. DE OBSERVACIÓN  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: CELINDA VILCA NORIEGA

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |  | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|   |
|---|
| X |
|   |

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, ... 31 de Octubre ... del 2016

  
 FIRMA DEL EXPERTO

INFORMANTE

DNI No. 19889840 Telf.: 964538375  
 DNI N° ..... 191 .....  
 CIP: 38103

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfonso Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente y Metodólogo y Temático - EPJA - VCU Lima Norte  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Observación  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Celinda Vilca Monje

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |  | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

✓

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 09 de Noviembre del 2016

*(Firma manuscrita)*

FIRMA DEL RESPONSABLE  
ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO

INGENIERO QUIMICO  
DNI No. 07867287 Tel.: 87212207

INFORMANTE

CIP: 71998

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Cabrera Carranza, Carlos Francisco  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Asesor del área de investigación - UCV Lima Norte  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos en Campo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Nora Celinda Vilca Noriega

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |  | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           | X  |    |    |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|    |
|----|
| SÍ |
| —  |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 15-11-2016 del 2016

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL EXPERTO

INFORMANTE

DNI No. 17402704 Telf.: 945509179

CIP: 46572

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Valverde Flores, Johnny  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Dirente Técnico - EPYA - UCV - Lima Norte  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de observación  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Celinda Vitero Noriega

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS          | INDICADORES  | INACEPTABLE |    |    |    |    | MINIMAMENTE ACEPTABLE |    |    | ACEPTABLE |    |    |    |     |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
|                    |  | 40          | 45 | 50 | 55 | 60 | 65                    | 70 | 75 | 80        | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD        | Esta formulado con lenguaje comprensible.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 2. OBJETIVIDAD     | Esta adecuado a las leyes y principios científicos.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 3. ACTUALIDAD      | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 4. ORGANIZACIÓN    | Existe una organización lógica.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 5. SUFICIENCIA     | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.  |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 7. CONSISTENCIA    | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.   |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    | X  |    |     |
| 8. COHERENCIA      | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.                               |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 9. METODOLOGÍA     | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.                        |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |
| 10. PERTINENCIA    | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. |             |    |    |    |    |                       |    |    |           |    |    | X  |     |

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|   |
|---|
| ✓ |
|   |

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

95 %

Lima, 16 de noviembre del 2016

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL EXPERTO

INFORMANTE

DNI No. 18120253 Telf.: 949585952

CIP: 79862